



# INOVASI DAN PEMANFAATAN PALA TERPADU

Dini Puspodewi, S.Tr.A.K., M.Imun.

Dede Yusuf, M.Kom.

Dr. apt. Yuhansyah Nurfauzi, M.Si.

Prof. Dr. Hermin Pancasakti Kusumaningrum, S.Si., M.Si.

Prof. Dr. Ir. Muhammad Zainuri, DEA., ID.

Dr. Drs. Hersugondo, M.M.

Yusuf Eko Nugroho, S.Tr.A.K., M.Imun.

Fahri Ramadhan, S.Tr.Kes.

Reni Wulandari

Jamilah Tri Wulansari

Egy Nurfina

Muhammad Khoirulhuda

Retno Fadilah



# **Inovasi dan Pemanfaatan Pala Terpadu**

**Dini Puspodewi, S.Tr.A.K., M.Imun.**

**Dede Yusuf, M.Kom.**

**Dr. apt. Yuhansyah Nurfauzi, M.Si.**

**Prof. Dr. Hermin Pancasakti Kusumaningrum, S.Si., M.Si.**

**Prof. Dr. Ir. Muhammad Zainuri, DEA., ID.**

**Dr. Drs. Hersugondo, M.M.**

**Yusuf Eko Nugroho, S.Tr.A.K., M.Imun.**

**Fahri Ramadhan, S.Tr.Kes.**

**Reni Wulandari**

**Jamilah Tri Wulansari**

**Egy Nurfina**

**Muhammad Khoirulhuda**

**Retno Fadilah**



**PT YAPINDO JAYA ABADI**

**Anggota IKAPI: No. 627/DKI/2023**

# Inovasi dan Pemanfaatan Pala Terpadu

Penulis : Dini Puspodewi, S.Tr.A.K., M.Imun., Dede Yusuf, M.Kom., Dr. apt. Yuhansyah Nurfauzi, M.Si., Prof. Dr. Hermin Pancasakti Kusumaningrum, S.Si., M.Si., Prof. Dr. Ir. Muhammad Zainuri, DEA., ID., Dr. Drs. Hersugondo, M.M., Yusuf Eko Nugroho, S.Tr.A.K., M.Imun., Fahri Ramadhan, S.Tr.Kes., Reni Wulandari, Jamilah Tri Wulansari, Egy Nurfina, Muhammad Khoirulhuda, dan Retno Fadilah

ISBN : Inovasi dan pemanfaatan pala terpadu

Penyunting Naskah : Ananda Salsa Sabila

Tata Letak : Ananda Salsa Sabila

Desain Sampul : Novikean Keysah Sanisri

## Penerbit

PT Yapindo Jaya Abadi

Jl. Tanjung Duren Raya No. 89 C RT 06/RW 05, Kelurahan Tanjung Duren Selatan, Kecamatan Grogol Petamburan, Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11470

E-Mail : yapjadi@gmail.com

Website : yapindo.co.id

© Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan pengumuman.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit. Ketentuan Pidana Sanksi Pelanggaran Pasal 2 UU Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta.

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

# KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku referensi berjudul *Inovasi dan Pemanfaatan Pala Terpadu* dapat hadir di tengah masyarakat sebagai bacaan yang inspiratif dan relevan dengan perkembangan zaman. Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman kepada masyarakat umum mengenai pentingnya mengenal dan memanfaatkan pala secara terpadu.

Pala merupakan salah satu kekayaan alam Indonesia yang telah dikenal sejak lama sebagai rempah bernilai tinggi. Selama ini, pala banyak dimanfaatkan sebagai bumbu masakan dan bahan tambahan dalam berbagai produk pangan. Namun, seiring perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan kebutuhan masyarakat, pala memiliki potensi yang lebih luas untuk dikembangkan menjadi berbagai produk inovatif yang bernilai guna dan bernilai ekonomi.

Semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi bagian kecil dari upaya mengembangkan potensi alam Indonesia secara bijak dan berkelanjutan.

Jakarta, Mei 2026

Tim Penyusun

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>Bab 1: Konsep Strategis Tanaman Pala .....</b>	<b>1</b>
1.1 Pala dalam Sejarah dan Perdagangan Global .....	1
1.2 Karakteristik Tanaman Pala .....	5
1.3 Pala sebagai Komoditas Strategis.....	8
1.4 Peran Ekologis Tanaman Pala .....	12
<b>Bab 2: Anatomi dan Kandungan Bioaktif Pala .....</b>	<b>17</b>
2.1 Struktur Buah Pala.....	17
2.2 Kandungan Nutrisi dan Fitokimia .....	19
2.3 Aktivitas Farmakologis .....	22
2.4 Standarisasi Bahan Baku .....	24
<b>Bab 3: Teknologi Pengolahan Pala.....</b>	<b>28</b>
3.1 Prinsip Pengolahan Pala .....	28
3.2 Teknik Ekstraksi Minyak Atsiri .....	31
3.3 Karakteristik Minyak Atsiri Daun Pala .....	34
3.4 Teknologi Pascapanen.....	35
3.5 Standarisasi Produk Olahan.....	38
<b>Bab 4: Produk Pangan Berbasis Pala .....</b>	<b>41</b>
4.1 Olahan Tradisional Pala .....	41
4.2 Inovasi Produk Pangan .....	47
4.3 Manisan Pala .....	53
4.4 Sirup Pala .....	55

4.5 Nilai Gizi Produk Olahan .....	57
4.6 Standar Mutu Pangan .....	61
<b>Bab 5: Produk Kosmetik dan Aromaterapi .....</b>	<b>67</b>
5.1 Minyak Atsiri dalam Kosmetik .....	67
5.2 Produk Aromaterapi .....	70
5.3 Formulasi Produk Kosmetik.....	77
5.4 Regulasi Kosmetik .....	80
<b>Bab 6: Pala dalam Mitigasi Lingkungan .....</b>	<b>84</b>
6.1 Peran dalam Konservasi Tanah .....	84
6.2 Pala dalam Mitigasi Bencana .....	87
6.3 Agroforestri Berbasis Pala.....	90
6.4 Ketahanan Ekologis.....	93
6.5 Teknik Penanaman dan Pemeliharaan Pohon Pala.....	96
<b>Bab 7: Pemberdayaan dan Ekonomi Pala .....</b>	<b>105</b>
7.1 Pala sebagai Penggerak Ekonomi.....	105
7.2 Model Pemberdayaan Masyarakat .....	108
7.3 Strategi Pemasaran Produk.....	110
7.4 Analisis Rantai Nilai .....	113
<b>Bab 8: Riset dan Inovasi Pala .....</b>	<b>117</b>
8.1 Pala dalam Penelitian Ilmiah .....	117
8.2 Bioteknologi Pala .....	121
8.3 Nanoteknologi Pala .....	126
8.4 Analisis Kimia Modern .....	130
<b>Bab 9: Formulasi Produk Farmasi Pala .....</b>	<b>135</b>
9.1 Konsep Sediaan Herbal .....	135
9.2 Formulasi Sediaan .....	138

9.3 Uji Mutu dan Keamanan .....	141
9.4 Regulasi Farmasi .....	145
<b>Bab 10: Strategi Pengembangan Pala Terpadu .....</b>	<b>149</b>
10.1 Integrasi Hulu ke Hilir.....	149
10.2 Tantangan Pengembangan.....	152
10.3 Peluang Industri Pala.....	155
10.4 Arah Strategis Masa Depan.....	157
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>161</b>
<b>PROFIL PENULIS .....</b>	<b>171</b>

# Bab 1: Konsep Strategis

## Tanaman Pala

---

### 1.1 Pala dalam Sejarah dan Perdagangan Global

#### 1.1.1 Jalur Rempah dan Dinamika Perdagangan Dunia

Pala atau *nutmeg* dengan nama ilmiah *Myristica fragrans* memiliki posisi yang sangat penting dalam sejarah perdagangan dunia. Tanaman ini asli berasal dari Kepulauan Maluku di Indonesia, khususnya dari Pulau Banda dan Ambon, dan telah menjadi pusat perhatian perdagangan internasional selama berabad-abad (Pakpahan et al., 2020). Sejarah perdagangan pala erat kaitannya dengan jalur-jalur perdagangan *spice* atau rempah yang menghubungkan Asia Tenggara dengan Eropa, Timur Tengah, dan dunia lainnya. Pada abad ke-15, pala merupakan salah satu dari sedikit rempah yang hanya tumbuh di satu wilayah geografis tertentu, yaitu Kepulauan Banda, sehingga memberikan nilai yang luar biasa tinggi (Stott, 2017).

Jalur perdagangan pala mencerminkan dinamika ekonomi global yang kompleks. Perdagangan pala tidak hanya melibatkan transaksi komersial sederhana, tetapi juga menjadi pendorong eksplorasi geografis, kolonisasi, dan perubahan kekuatan geopolitik dunia. Bahkan penemuan benua Amerika oleh Christopher

Columbus dikaitkan dengan pencarian jalur alternatif menuju Kepulauan Maluku untuk mendapatkan pala dan rempah-rempah lainnya (Stott, 2017). Dalam konteks ini, pala bukan hanya sekadar komoditas perdagangan, tetapi simbol dari kekayaan, kekuasaan, dan ambisi ekonomi yang mendorong ekspansi global pada periode modern awal.

### **1.1.2 Monopoli Pala dan Dampak Kolonialisme**

Sejarah pala tidak dapat dipisahkan dari periode kolonialisme Eropa di Asia Tenggara. Kontrol atas produksi dan perdagangan pala menjadi fokus utama dari kekuatan-kekuatan kolonial Eropa, khususnya Belanda. Perusahaan Hindia Timur Belanda atau *Dutch East India Company* (VOC; *Verenigde Oost-indische Compagnie*) didirikan dengan tujuan utama untuk menguasai perdagangan rempah-rempah, termasuk pala, dan pala menjadi lebih berharga daripada emas di pasar Eropa pada masa itu (Stott, 2017). Monopoli VOC atas produksi dan perdagangan pala menciptakan sistem perdagangan yang merugikan petani lokal dan penduduk Kepulauan Banda.

Dampak kolonialisme terhadap tanaman pala sangat mendalam dan berlangsung lama. Kekuasaan Belanda atas Kepulauan Banda berlangsung selama berabad-abad, dan selama periode ini, pala tetap menjadi komoditas strategis yang dimonopoli oleh VOC. Dinamika perdagangan pala di bawah kolonialisme menunjukkan bagaimana tanaman ini menjadi alat bagi kekuatan-kekuatan kolonial untuk mengekstraksi kekayaan dari wilayah-wilayah jajahan. Petani lokal dan penduduk Maluku dipaksa untuk

menghasilkan pala dalam jumlah besar dengan harga yang sangat rendah, sementara keuntungan besar dinikmati oleh perusahaan-perusahaan perdagangan Eropa dan pemerintahan kolonial (Pakpahan et al., 2020). Dalam satu contoh yang dramatis, Belanda bahkan menukar koloni Manhattan mereka dengan Inggris hanya untuk mendapatkan pulau kecil Run di Kepulauan Banda yang dikenal karena produksi pala-nya.

### **1.1.3 Transformasi Nilai Pala dalam Ekonomi Modern**

Nilai pala mengalami transformasi yang signifikan sejalan dengan perkembangan ekonomi global dan perubahan sistem perdagangan internasional. Pada masa perdagangan klasik dan abad Pertengahan, pala dipandang sebagai komoditas mewah yang hanya dapat diakses oleh kelompok-kelompok elite di Eropa dan dunia lainnya. Namun, sejak abad ke-18 dan khususnya setelah dimulainya proses industrialisasi, nilai pala dalam ekonomi global mulai mengalami perubahan (Pakpahan et al., 2020). Meskipun pala tetap menjadi produk yang berharga, nilai relatifnya dalam perdagangan global mulai menurun dibandingkan dengan periode-periode sebelumnya.

Transformasi ini mencerminkan beberapa faktor penting dalam ekonomi modern. Pertama, akses yang lebih luas terhadap pala karena adanya upaya untuk memproduksi pala di wilayah-wilayah kolonial lainnya di luar Kepulauan Banda, seperti di Mauritius dan wilayah-wilayah lain, menyebabkan monopoli geografis pala menjadi berkurang (Brixius, 2018). Kedua, perubahan dalam preferensi konsumen dan perkembangan produk-

produk alternatif mengurangi permintaan absolut terhadap pala. Ketiga, industrialisasi mengubah struktur perdagangan internasional, membuat pala menjadi salah satu dari banyak komoditas yang diperdagangkan dalam sistem perdagangan modern yang kompleks. Meskipun demikian, pala tetap mempertahankan nilainya sebagai komoditas perdagangan yang penting dalam ekonomi global (Pakpahan et al., 2020).

#### **1.1.4 Relevansi Pala dalam Ekonomi Global Kontemporer**

Dalam ekonomi global kontemporer, pala tetap memiliki relevansi yang signifikan, meskipun konteksnya berbeda dari masa-masa sebelumnya. Indonesia, sebagai negara yang memiliki sejarah panjang dalam produksi pala, tetap menjadi salah satu produsen pala terbesar di dunia. Nilai ekspor pala Indonesia sangat penting bagi ekonomi negara, dan pala terus memberikan kontribusi yang signifikan terhadap devisa negara (Pakpahan et al., 2020). Selain nilai ekonomi langsung, pala juga memiliki relevansi dalam konteks pembangunan berkelanjutan, ketahanan ekonomi lokal, dan pelestarian ekosistem.

Dalam konteks global kontemporer, pala juga menjadi simbol dari upaya Indonesia untuk meningkatkan kesejahteraan petani lokal dan memaksimalkan nilai tambah dari produk pertanian. Program-program seperti "Indonesia Spice Up World" (ISUTW) mencerminkan strategi untuk meningkatkan ekspor rempah-rempah Indonesia, termasuk pala, dan untuk mempromosikan kekayaan kuliner dan budaya Indonesia di pasar global (Pakpahan et al., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa pala tidak hanya relevan sebagai

komoditas ekonomi, tetapi juga sebagai bagian dari identitas budaya dan strategi diplomasi ekonomi Indonesia dalam era globalisasi.

## 1.2 Karakteristik Tanaman Pala

### 1.2.1 Klasifikasi Botani *Myristica fragrans*

*Myristica fragrans* Houtt., yang dikenal sebagai pala atau *nutmeg*, adalah spesies pohon yang termasuk dalam keluarga Myristicaceae. Pohon pala merupakan spesies pohon berkayu yang berasal dari Kepulauan Maluku, Indonesia, khususnya dari Pulau Ambon dan Banda (Samantha et al., 2020). Dalam sistem klasifikasi taksonomi, *Myristica fragrans* memiliki tempat yang spesifik di antara berbagai spesies tanaman aromatik dan rempah-rempah yang diproduksi dan diperdagangkan secara luas. Pohon ini adalah tanaman tropis yang membutuhkan iklim spesifik untuk berkembang dengan optimal.

Keunikan botanis dari *Myristica fragrans* terletak pada kemampuannya menghasilkan beberapa produk berharga. Biji pala atau "biji" (*seed*) adalah produk utama yang dihasilkan, dan biji ini diproses untuk menghasilkan pala bubuk (*ground nutmeg*) atau pala utuh (*whole nutmeg*) yang digunakan dalam industri kuliner dan farmasi. Selain biji, pohon pala juga menghasilkan *mace*, yaitu lapisan pembungkus biji yang berwarna merah-oranye ketika segar, yang juga memiliki nilai komersial penting dan digunakan sebagai rempah dengan aroma yang sedikit berbeda dari pala biasa (Samantha et al., 2020).

### 1.2.2 Morfologi Pohon Pala

Pohon pala adalah pohon yang berukuran sedang, dengan tinggi yang biasanya berkisar antara 10-20 meter, meskipun dalam kondisi ideal dapat tumbuh lebih tinggi. Batang pohon pala relatif lurus dengan kulit yang berwarna keabuan, dan cabang-cabang utama tersebar dengan pola yang cukup rapi. Daun pala adalah daun majemuk (*simple leaves*) yang berwarna hijau gelap, dengan bentuk lonjong dan ukuran yang sedang, biasanya 7-15 cm panjang dan 3-6 cm lebar, dengan permukaan daun yang halus dan mengkilap (Samantha et al., 2020).

Pohon pala merupakan tanaman *dioecious*, yang berarti pohon jantan dan pohon betina adalah individu yang terpisah. Bunga pala terletak di ketiak daun dan merupakan bunga-bunga kecil yang tidak mencolok dengan warna kuning pucat. Buah pala adalah buah kering (*dry fruit*) atau lebih tepatnya adalah *capsule* yang terbuka menjadi dua bagian ketika matang. Di dalam buah terdapat satu biji yang besar, dan biji ini dikelilingi oleh *aril* atau jaringan lembaga (*arillode*) yang berwarna merah-oranye cerah yang kemudian mengering menjadi *mace* berwarna merah atau oranye (Samantha et al., 2020).

### 1.2.3 Syarat Tumbuh dan Agroklimat

Pohon pala memiliki persyaratan iklim yang spesifik untuk dapat tumbuh dengan baik dan produktif. Tanaman ini termasuk tanaman tropis yang membutuhkan iklim hangat dan lembab sepanjang tahun. Suhu optimal untuk pertumbuhan pala berkisar antara 20-30°C, dengan preferensi terhadap kondisi yang konsisten

tanpa fluktuasi suhu yang terlalu besar. Pala tidak tahan terhadap suhu yang terlalu dingin atau embun beku, dan pada iklim dengan musim dingin yang jelas, pohon pala tidak dapat bertahan (Samantha et al., 2020).

Pala membutuhkan ketersediaan air yang cukup dan konsisten sepanjang tahun. Curah hujan tahunan ideal untuk budidaya pala berkisar antara 2000-4000 mm, yang terdistribusi dengan cukup merata sepanjang tahun. Pohon pala tidak tahan terhadap kondisi yang terlalu kering, dan kekeringan yang berkepanjangan dapat menyebabkan penurunan produktivitas atau bahkan kematian pohon. Jenis tanah yang ideal untuk budidaya pala adalah tanah yang subur, well-drained, dengan pH yang sedikit asam hingga netral, berkisar antara 5.5-7.5. Tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi dan drainase yang baik akan mendukung pertumbuhan pala yang optimal (Samantha et al., 2020).

#### **1.2.4 Produktivitas dan Umur Tanaman**

Pohon pala memiliki siklus hidup yang panjang dengan produktivitas yang berlangsung selama bertahun-tahun. Pohon pala mulai berbuah pada umur 5-8 tahun setelah penanaman, meskipun produksi yang signifikan biasanya baru tercapai setelah umur 8-10 tahun. Puncak produktivitas pohon pala biasanya terjadi pada umur 20-50 tahun. Pohon pala dapat terus berproduksi hingga umur 80-100 tahun atau bahkan lebih lama, meskipun produktivitas cenderung menurun setelah umur 60 tahun (Samantha et al., 2020).

Produktivitas pohon pala sangat bervariasi tergantung pada berbagai faktor seperti kondisi iklim, jenis tanah, praktik

manajemen, dan kesehatan pohon secara umum. Pohon pala yang sehat dapat menghasilkan 1000-2000 buah per tahun, meskipun dalam praktik nyata, angka ini dapat lebih rendah tergantung pada kondisi-kondisi lokal. Setiap buah pala mengandung satu biji pala dan satu *mace*, sehingga produktivitas biji dapat dikonversi menjadi produksi pala dan *mace* yang bernilai komersial. Dalam keadaan optimal, satu pohon pala dapat menghasilkan 2-4 kg biji pala kering per tahun, meskipun angka ini dapat bervariasi. Investasi dalam budidaya pala memerlukan kesabaran karena hasil ekonomi yang signifikan baru diperoleh beberapa tahun setelah penanaman (Samantha et al., 2020).

## **1.3 Pala sebagai Komoditas Strategis**

### **1.3.1 Nilai Ekonomi dan Ekspor**

Pala memiliki nilai ekonomi yang tinggi sebagai komoditas perdagangan internasional. Harga pala di pasar internasional sangat bervariasi tergantung pada kualitas, ketersediaan pasokan global, dan fluktuasi permintaan dari negara-negara konsumen utama. Pala merupakan salah satu dari rempah-rempah yang memiliki nilai tambah yang tinggi; dengan berat yang relatif ringan tetapi nilai ekonomis yang tinggi, pala menjadi komoditas yang sangat menguntungkan untuk diekspor (Pakpahan et al., 2020). Nilai ekspor pala Indonesia berkontribusi signifikan terhadap total pendapatan ekspor pertanian negara, menjadikan pala sebagai salah satu komoditas pertanian unggulan.

Pasar pala global mencakup berbagai negara konsumen, dengan permintaan terbesar berasal dari negara-negara maju di Eropa, Amerika Utara, dan Asia. Industri makanan dan minuman merupakan konsumen terbesar pala, diikuti oleh industri farmasi, kosmetika, dan industri-industri lainnya yang menggunakan pala sebagai bahan baku atau sebagai bahan tambah rasa dan aroma. Tren terbaru menunjukkan adanya peningkatan permintaan pala dari negara-negara yang sedang berkembang, seiring dengan meningkatnya konsumsi produk-produk berkualitas tinggi dan rempah-rempah dalam kuliner lokal (Pakpahan et al., 2020). Nilai ekonomi pala tidak hanya terletak pada penjualan biji pala, tetapi juga pada ekspor *mace*, minyak pala (*nutmeg oil*), dan produk-produk derivatif lainnya yang memiliki nilai tambah yang lebih tinggi.

### **1.3.2 Pala sebagai "Tanaman Tabungan"**

Pala sering disebut sebagai "tanaman tabungan" dalam konteks ekonomi pertanian Indonesia, karena pohon pala dapat memberikan hasil ekonomi yang berkelanjutan selama bertahun-tahun. Bagi petani di wilayah produksi pala, seperti di Kepulauan Maluku, pala menjadi sumber pendapatan yang stabil dan dapat diprediksi. Pohon pala yang telah mencapai usia produktif dapat terus menghasilkan buah selama puluhan tahun, sehingga investasi awal dalam penanaman pohon pala akan terus memberikan return yang berkelanjutan (Pakpahan et al., 2020).

Karakteristik pala sebagai "tanaman tabungan" juga tercermin dalam nilai aset yang dimiliki petani. Kebun pala yang

telah matang dan produktif memiliki nilai aset yang signifikan, dan dapat dipandang sebagai bentuk simpanan atau tabungan yang dapat dilikuidasi pada waktu-waktu tertentu jika diperlukan. Dalam konteks ekonomi pertanian tradisional, di mana sistem perbankan dan instrumen-instrumen keuangan mungkin tidak mudah diakses, pala menjadi alternatif untuk menyimpan nilai ekonomi. Selain itu, pala juga dapat menjadi warisan yang dapat diwariskan dari satu generasi ke generasi berikutnya, memberikan nilai jangka panjang bagi keluarga petani (Pakpahan et al., 2020).

### **1.3.3 Peran dalam Ketahanan Ekonomi Lokal**

Pala memainkan peran yang penting dalam ketahanan ekonomi lokal di wilayah-wilayah produksinya, khususnya di Kepulauan Maluku dan daerah-daerah lain di Indonesia yang memiliki kondisi iklim yang sesuai untuk budidaya pala. Pendapatan dari penjualan pala memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pendapatan rumah tangga petani, dan juga memberikan efek pengganda ekonomi melalui kegiatan-kegiatan yang terkait dengan produksi, pengolahan, dan pemasaran pala. Petani pala, pedagang lokal, pekerja pengolahan, dan berbagai pihak lainnya yang terlibat dalam rantai nilai pala semuanya mendapatkan manfaat ekonomi dari keberadaan industri pala (Pakpahan et al., 2020).

Peran pala dalam ketahanan ekonomi lokal juga tercermin dalam kontribusinya terhadap diversifikasi ekonomi daerah. Di wilayah-wilayah yang mungkin memiliki alternatif sumber pendapatan yang terbatas, budidaya pala memberikan peluang ekonomi yang signifikan. Selain itu, pala juga berperan dalam

pengurangan kemiskinan dan peningkatan kualitas hidup masyarakat lokal, karena pendapatan yang stabil dari budidaya pala dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan pendidikan, kesehatan, dan kebutuhan-kebutuhan dasar lainnya. Dalam konteks pengembangan regional, pala menjadi salah satu komoditas strategis yang mendorong pembangunan ekonomi lokal di wilayah-wilayah produksinya (Pakpahan et al., 2020).

#### **1.3.4 Kontribusi terhadap Devisa Negara**

Pala memberikan kontribusi yang signifikan terhadap devisa negara Indonesia melalui ekspor. Sebagai negara yang memiliki kondisi agroklimat yang optimal untuk budidaya pala dan memiliki sejarah panjang dalam produksi pala, Indonesia merupakan salah satu produsen dan eksportir pala terbesar di dunia. Nilai ekspor pala Indonesia menjadi bagian dari total nilai ekspor produk pertanian dan komoditas-komoditas primer lainnya yang memberikan pemasukan devisa bagi negara (Pakpahan et al., 2020).

Strategi peningkatan ekspor pala melalui program-program pemerintah seperti "Indonesia Spice Up World" (ISUTW) mencerminkan komitmen untuk memaksimalkan kontribusi pala terhadap devisa negara. Program ini bertujuan untuk meningkatkan nilai ekspor rempah-rempah Indonesia, termasuk pala, ke tingkat yang lebih tinggi dan untuk memperluas pasar pala Indonesia di tingkat global. Dengan meningkatkan volume dan nilai ekspor pala, dan terutama dengan meningkatkan nilai tambah melalui pengolahan dan diferensiasi produk, Indonesia dapat meningkatkan kontribusi pala terhadap perekonomian nasional (Pakpahan et al., 2020). Pala,

dalam konteks ini, menjadi tidak hanya produk pertanian yang bernilai ekonomis tinggi, tetapi juga instrumen strategis dalam pengembangan ekonomi nasional dan peningkatan kesejahteraan masyarakat Indonesia.

## **1.4 Peran Ekologis Tanaman Pala**

### **1.4.1 Sistem Perakaran dan Konservasi Tanah**

Pohon pala memiliki sistem perakaran yang dalam dan ekstensif yang memberikan kontribusi penting terhadap konservasi tanah. Akar-akar pohon pala yang kuat dan dalam membantu untuk mengikat tanah dan mencegah terjadinya erosi permukaan. Sistem perakaran yang baik ini penting terutama di wilayah-wilayah dengan topografi yang bergelombang atau berbukit, di mana risiko erosi tanah sangat tinggi. Dengan mengikat tanah melalui jaringan akar yang ekstensif, pohon pala membantu mempertahankan integritas struktur tanah dan mencegah hilangnya lapisan tanah permukaan yang subur yang dapat membawa dampak negatif terhadap produktivitas pertanian jangka panjang (Samantha et al., 2020).

Peran pohon pala dalam konservasi tanah tidak hanya terbatas pada pencegahan erosi mekanis, tetapi juga mencakup pengayaan kesuburan tanah. Gugur daun dari pohon pala dan material organik lainnya yang jatuh ke tanah berkontribusi terhadap peningkatan kandungan bahan organik dalam tanah. Peningkatan bahan organik tanah memiliki manfaat yang luas, termasuk peningkatan kapasitas tanah untuk menahan air (*water-holding*

*capacity*), peningkatan aktivitas biologis dalam tanah, dan peningkatan ketersediaan nutrisi tanah yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, pohon pala tidak hanya melindungi tanah dari erosi, tetapi juga membantu dalam perbaikan dan pemeliharaan kualitas tanah dalam jangka panjang (Samantha et al., 2020).

#### **1.4.2 Pala dalam Agroforestri**

Pala memainkan peran yang penting dalam sistem agroforestri, yang merupakan sistem pertanian yang mengintegrasikan pohon-pohon dengan tanaman pertanian lainnya. Dalam sistem agroforestri tradisional yang praktik di wilayah-wilayah produksi pala, pohon pala sering ditanam bersama dengan tanaman-tanaman lain seperti kakao, kelapa, dan berbagai tanaman perkebunan lainnya. Integrasi ini menciptakan ekosistem yang lebih kompleks dan lebih stabil dibandingkan dengan monokultur murni. Pohon pala, dengan tingginya yang sedang, dapat memberikan naungan (*shade*) untuk tanaman-tanaman yang membutuhkan naungan sebagian, dan pada saat yang sama, tanaman-tanaman ini dapat memberikan manfaat ekonomi tambahan bagi petani (Samantha et al., 2020).

Sistem agroforestri yang melibatkan pala juga memberikan manfaat-manfaat ekologis yang signifikan. Keragaman struktur vertikal dari sistem agroforestri menciptakan habitat yang lebih kaya bagi berbagai organisme, termasuk serangga bermanfaat, burung, dan berbagai fauna lainnya yang memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Keragaman tanaman dalam

sistem agroforestri juga mengurangi risiko penyakit dan hama yang dapat terjadi dalam sistem monokultur, karena kehadiran berbagai tanaman membantu membangkitkan populasi predator alami yang dapat mengendalikan populasi hama. Dengan demikian, sistem agroforestri yang melibatkan pala tidak hanya memberikan manfaat ekonomi yang diversifikasi, tetapi juga berkontribusi terhadap kesehatan dan keberlanjutan ekosistem pertanian (Samantha et al., 2020).

### **1.4.3 Pencegahan Erosi dan Longsor**

Pohon pala, dengan sistem perakaran yang dalam dan luas, memberikan kontribusi yang signifikan dalam pencegahan erosi tanah dan gerakan-gerakan tanah yang tidak stabil seperti *landslide* atau longsor. Di wilayah-wilayah dengan topografi yang curam dan curah hujan yang tinggi, risiko erosi dan longsor sangat tinggi. Penanaman pohon pala di wilayah-wilayah ini dapat membantu dalam mengurangi risiko tersebut melalui mekanisme-mekanisme yang beragam. Akar-akar pohon pala yang dalam menebus lapisan tanah yang dalam, mengikat partikel-partikel tanah bersama-sama dan menciptakan struktur yang lebih stabil. Selain itu, canopi pohon pala juga membantu dalam mengurangi energi dampak dari air hujan yang jatuh, sehingga mengurangi kecepatan air hujan yang mencapai permukaan tanah dan dengan demikian mengurangi potensi erosi (Samantha et al., 2020).

Kontribusi pala dalam pencegahan longsor sangat penting di wilayah-wilayah seperti Kepulauan Maluku yang memiliki topografi yang berbukit-bukit dan curah hujan yang tinggi. Oleh karena itu,

penanaman pohon pala tidak hanya memberikan manfaat ekonomi, tetapi juga memberikan manfaat ekologis yang besar dalam hal pengurangan risiko bencana alam seperti tanah longsor yang dapat mengganggu permukiman dan infrastruktur (Samantha et al., 2020).

#### **1.4.4 Pala dalam Keberlanjutan Lingkungan**

Pohon pala memiliki peran yang penting dalam konteks keberlanjutan lingkungan yang lebih luas. Sebagai tanaman perennial yang memiliki umur panjang, pohon pala berkontribusi terhadap penyerapan karbon atmosfer dan penyimpanan karbon dalam biomassa kayu dan vegetasi lainnya. Dalam konteks perubahan iklim global yang merupakan salah satu tantangan terbesar yang dihadapi dunia, kontribusi pohon pala dalam penyerapan karbon memiliki nilai yang signifikan, meskipun skala penyerapan karbon dari pohon pala individual mungkin tidak sebesar pohon-pohon hutan yang besar (Samantha et al., 2020).

Selain itu, keberlanjutan budidaya pala juga tergantung pada praktik-praktik pengelolaan yang berkelanjutan yang mempertimbangkan keseimbangan antara kebutuhan ekonomi jangka pendek dan kebutuhan ekologis jangka panjang. Sistem agroforestri yang melibatkan pala, dengan keragaman tanaman dan ekosistem yang lebih kompleks, cenderung lebih berkelanjutan dibandingkan dengan sistem monokultur dalam jangka panjang. Konservasi genetik varietas-varietas pala lokal dan pemeliharaan keanekaragaman hayati dalam wilayah-wilayah produksi pala juga merupakan aspek penting dari keberlanjutan lingkungan. Dengan mempertahankan praktik-praktik pertanian yang berkelanjutan,

masyarakat Indonesia dapat terus menikmati manfaat ekonomi dari budidaya pala sambil juga menjaga integritas ekosistem dan sumber daya alam untuk generasi-generasi mendatang (Samantha et al., 2020).

# Bab 2: Anatomi dan Kandungan Bioaktif Pala

---

Pala (*Myristica fragrans* Houtt) merupakan tanaman dioecious yang berasal dari Kepulauan Maluku, Indonesia, dan telah digunakan secara tradisional dalam pengobatan Ayurveda untuk mengobati berbagai penyakit. Tanaman ini menghasilkan buah dengan struktur anatomi yang kompleks dan mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berkhasiat secara farmakologis. Pemahaman mendalam tentang struktur anatomis, kandungan nutrisi, fitokimia, aktivitas farmakologis, dan standarisasi bahan baku pala sangat penting untuk pemanfaatan optimal dalam industri farmasi dan pangan. Bab ini memaparkan secara komprehensif tentang aspek-aspek tersebut berdasarkan penelitian terkini.

## 2.1 Struktur Buah Pala

Buah pala memiliki struktur anatomi yang unik dan kompleks yang terdiri dari beberapa bagian yang berbeda dengan karakteristik dan komposisi kimia yang beragam.

### 2.1.1 Daging Buah (Pericarpium)

Daging buah pala atau pericarpium merupakan lapisan terluar dari buah pala yang berwarna kuning kemerahan saat matang. Bagian ini memiliki tekstur yang tebal dan mengandung cairan yang

kaya akan nutrisi. Daging buah pala secara tradisional digunakan dalam pembuatan berbagai produk makanan dan minuman, termasuk jelly, sirup, dan teh. Penelitian menunjukkan bahwa daging buah pala mengandung berbagai senyawa bioaktif termasuk senyawa fenolik dan vitamin yang memberikan manfaat kesehatan. Meskipun daging buah sering dianggap sebagai limbah dalam pengolahan pala, bagian ini memiliki potensi yang signifikan untuk dikembangkan menjadi produk bernilai tambah tinggi berkat kandungan nutrisi dan senyawa bioaktifnya yang beragam.

### **2.1.2 Fuli (Arillus)**

Fuli atau arillus adalah selapis jaringan berwarna merah cerah yang melapisi biji pala di bagian dalam buah. Fuli memiliki struktur yang kompleks dengan pola percabangan yang khas, sering disebut sebagai "jala biji". Dalam perdagangan internasional, fuli dikenal sebagai mace dan dianggap sebagai salah satu spesies penting dalam industri rempah-rempah. Fuli mengandung minyak atsiri dengan komposisi yang berbeda dari biji pala, termasuk konstituen seperti  $\beta$ -phellandrene yang menjadi komponen utama dalam fuli (Kaur et al., 2026). Minyak dari fuli memiliki aroma yang khas dan lebih ringan dibandingkan dengan minyak dari biji, menjadikannya lebih disukai untuk aplikasi aromaterapi dan industri kosmetik.

### **2.1.3 Biji Pala**

Biji pala adalah bagian yang paling penting secara komersial dan merupakan sumber utama minyak atsiri dan berbagai senyawa bioaktif. Biji pala memiliki struktur keras dengan lapisan kulit yang tebal dan daging biji di bagian dalamnya. Ketika dikeringkan, biji

pala memiliki berat yang ringan dan dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama tanpa kehilangan kualitasnya secara signifikan. Minyak atsiri dari biji pala diperoleh melalui distilasi uap dan menghasilkan rendemen yang berkisar antara 6,2-7,6% tergantung pada metode ekstraksi dan kondisi distilasi (Ashokkumar et al., 2022). Biji pala merupakan bahan baku yang paling stabil dan paling banyak digunakan dalam industri farmasi dan pangan.

#### **2.1.4 Komposisi Kimia Masing-masing Bagian**

Setiap bagian dari buah pala memiliki komposisi kimia yang unik dan berbeda. Daging buah pala mengandung terutama senyawa fenolik, vitamin, dan mineral yang memberikan manfaat gizi. Fuli memiliki profil kimia yang dominan dengan  $\beta$ -phellandrene sebagai komponen utama dengan konsentrasi hingga 14,14%, diikuti oleh senyawa terpenoid lainnya dan komponen fenolik dengan total kandungan senyawa teroksigenasi mencapai 31,38% (Kaur et al., 2026). Biji pala mengandung minyak atsiri dengan komposisi yang lebih kompleks, dimana komponen utamanya adalah myristicin, sabinene, dan eugenol. Profil kimia yang berbeda ini mencerminkan fungsi biologis yang berbeda dari setiap bagian buah dalam melindungi dan mengembangkan biji pala di dalam buah.

## **2.2 Kandungan Nutrisi dan Fitokimia**

Pala kaya akan berbagai senyawa nutrisi dan fitokimia yang memberikan manfaat kesehatan yang signifikan.

### **2.2.1 Senyawa Metabolit Sekunder**

Pala mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder yang kompleks termasuk terpenoid, fenolik, dan alkaloid. Metabolit sekunder ini diproduksi oleh tanaman sebagai respons terhadap stres lingkungan dan bermain peran penting dalam pertahanan tanaman terhadap hama dan penyakit. Dalam konteks penggunaan manusia, senyawa-senyawa ini memiliki aktivitas farmakologis yang beragam. Penelitian fitokimia pada berbagai ekstrak pala menunjukkan kehadiran konsisten dari alkaloid, steroid, dan quinon yang merupakan indikator dari potensi bioaktivitas yang kuat (Ashokkumar et al., 2022). Senyawa-senyawa ini bekerja secara sinergis dalam memberikan efek farmakologis, dan pemahaman tentang mekanisme aksi mereka terus berkembang melalui penelitian yang lebih mendalam.

### **2.2.2 Minyak Atsiri dan Komponennya**

Minyak atsiri pala merupakan fraksi yang paling penting dan paling banyak diteliti. Minyak ini diperoleh dari biji atau fuli melalui proses distilasi uap dan mengandung lebih dari 27-38 konstituen kimia pada berbagai konsentrasi (Warsito, 2021). Komponen utama dari minyak atsiri biji pala adalah myristicin (13,06-22,70%), sabinene, eugenol, caryophyllene,  $\beta$ -myrcene, dan  $\alpha$ -pinene. Komponen-komponen ini termasuk dalam kelompok monoterpenoid dan phenylpropanoid yang merupakan kelompok utama dari senyawa volatil dalam minyak atsiri. Perbandingan antara komponen atsiri dari berbagai bagian menunjukkan bahwa fuli memiliki kandungan  $\beta$ -phellandrene yang lebih tinggi dibandingkan biji,

sedangkan myristicin lebih berlimpah dalam minyak dari biji pala. Variasi ini mencerminkan adaptasi fisiologis dari tanaman untuk melindungi biji melalui produksi senyawa yang berbeda.

### **2.2.3 Antioksidan dan Bioaktivitas**

Pala memiliki kapasitas antioksidan yang signifikan yang dibuktikan melalui berbagai tes antioksidan. Penelitian menggunakan berbagai metode seperti DPPH, ABTS, NO scavenging, FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), dan metal chelation assays menunjukkan bahwa oleoresin pala, khususnya oleoresin fulli, memiliki aktivitas antioksidan yang lebih potent dibandingkan dengan minyak atsiri (Kaur et al., 2026). Minyak atsiri pala menunjukkan aktivitas antioksidan yang signifikan dengan IC<sub>50</sub> pada assay DPPH mencapai  $0,47 \pm 0,19 \mu\text{g/mL}$ , jauh melampaui standar kontrol positif (Ashokkumar et al., 2022). Kapasitas antioksidan yang kuat ini dikaitkan dengan kandungan tinggi dari senyawa teroksidasi, phenylpropanoid, dan fenolik yang mampu menetralkan radikal bebas dan mencegah stress oksidatif pada level seluler.

### **2.2.4 Variasi Kandungan Berdasarkan Varietas**

Kandungan senyawa bioaktif pala dapat bervariasi berdasarkan varietas, kondisi tumbuh, waktu panen, dan metode pengolahan. Penelitian pada berbagai fraksinasi minyak atsiri pala melalui variasi waktu distilasi menunjukkan bahwa konsentrasi dari berbagai komponen berubah seiring dengan progresnya distilasi (Ibrahim et al., 2020). Konsentrasi dari  $\alpha$ -phellandrene, 3-carene, p-cymene, limonene menurun, sementara konsentrasi  $\alpha$ -

terpinene,  $\gamma$ -terpinene, terpinolene, dan myristicin meningkat dalam fraksi distilasi yang lebih lama. Penggunaan excipient seperti magnesium aluminometasilicate pada proses ekstraksi dapat secara signifikan meningkatkan yield dan mengubah komposisi senyawa yang diekstraksi, misalnya meningkatkan sabinene dari 6,53% menjadi 61,42% (Matulytè et al., 2019).

## **2.3 Aktivitas Farmakologis**

Pala telah menunjukkan berbagai aktivitas farmakologis yang mendukung penggunaannya dalam pengobatan tradisional dan membuka peluang pengembangan produk farmasi modern.

### **2.3.1 Antibakteri dan Antifungi**

Minyak atsiri dan oleoresin pala menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap berbagai bakteri patogenik gram-positif dan gram-negatif termasuk *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Mekanisme aktivitas antibakteri diduga melibatkan permeabilisasi membran sel bakteri melalui senyawa lipofil seperti myristicin dan komponen terpenoid lainnya. Penelitian antimikroba menunjukkan bahwa oleoresin pala lebih efektif dibandingkan dengan minyak atsiri dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Meskipun aktivitas antifungi pala dilaporkan dalam beberapa studi tradisional, penelitian farmakologis lebih kontemporer menunjukkan aktivitas yang lebih terbatas terhadap fungi dibandingkan dengan aktivitas antibakterinya, menunjukkan bahwa pala mungkin lebih spesifik dalam menargetkan bakteri.

### **2.3.2 Antiinflamasi dan Analgesik**

Pala memiliki sifat antiinflamasi yang ditunjukkan melalui berbagai tes *in vitro* termasuk albumin denaturation assay, protease inhibition, dan lipoxygenase inhibition (Kaur et al., 2026). Mekanisme antiinflamasi pala melibatkan penghambatan enzim-enzim kunci dalam kaskade inflamasi dan penurunan produksi mediator inflamasi. Aktivitas analgesik pala juga telah didokumentasikan dalam berbagai studi, dengan myristicin dan komponen lainnya bertindak sebagai agen analgesik. Sifat antiinflamasi dan analgesik ini menjadikan pala sebagai kandidat yang menjanjikan untuk pengembangan obat baru dalam penanganan kondisi inflamasi kronis seperti arthritis dan penyakit inflamasi usus.

### **2.3.3 Efek Neurologis dan Sedatif**

Pala memiliki sejarah panjang penggunaan dalam pengobatan tradisional sebagai agen sedatif dan untuk meningkatkan tidur. Myristicin dan senyawa fenilpropanoid lainnya dalam pala diduga berinteraksi dengan reseptor neurotransmitter dalam sistem saraf pusat. Penelitian pada model hewan menunjukkan bahwa ekstrak pala dapat meningkatkan durasi tidur dan mengurangi latensi tidur, mendukung penggunaan tradisionalnya sebagai agen hipnosis. Efek neuroprotektif pala juga sedang diteliti dalam konteks neurodegenerasi, dengan beberapa penelitian awal menunjukkan potensi dalam mencegah kerusakan saraf yang diinduksi oleh stress oksidatif dan inflamasi.

### **2.3.4 Potensi Antidiabetes**

Beberapa studi menunjukkan bahwa ekstrak pala dapat memiliki aktivitas antidiabetes melalui penghambatan enzim-enzim yang terlibat dalam metabolisme karbohidrat dan peningkatan sensitivitas insulin. Mekanisme ini melibatkan aktivitas antioksidan dari pala yang mengurangi stress oksidatif yang dikenal sebagai faktor yang berkontribusi pada resistensi insulin. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi senyawa aktif spesifik yang bertanggung jawab untuk aktivitas antidiabetes dan untuk menentukan dosis dan durasi pemberian yang optimal untuk aplikasi klinis.

## **2.4 Standarisasi Bahan Baku**

Standarisasi bahan baku pala sangat penting untuk memastikan konsistensi kualitas, kemanjuran, dan keamanan produk pala yang digunakan dalam industri farmasi dan pangan.

### **2.4.1 Parameter Mutu Pala**

Parameter mutu pala mencakup berbagai kriteria fisik dan kimia yang harus dipenuhi oleh bahan baku. Parameter fisik meliputi penampilan, warna, aroma, rasa, bentuk, dan ukuran, sementara parameter kimia meliputi kandungan minyak atsiri, kadar air, kadar abu, kadar logam berat, dan kehadiran kontaminan mikrobiologi. Standar spesifik untuk parameter-parameter ini telah ditetapkan oleh berbagai organisasi internasional termasuk *International Organization for Standardization (ISO)*. Biji pala berkualitas tinggi

biasanya memiliki kandungan minyak atsiri tidak kurang dari 5-7%, kadar air tidak lebih dari 12%, dan kadar abu tidak lebih dari 3%, dengan tidak adanya mold atau kontaminasi mikrobiologi patogenik.

#### **2.4.2 Identifikasi Bahan Baku**

Identifikasi bahan baku pala dilakukan untuk memastikan bahwa produk yang diperoleh adalah benar-benar pala dan bukan substitusi atau adulterasi dengan bahan lain. Identifikasi dapat dilakukan melalui berbagai metode termasuk pemeriksaan organoleptik, mikroskopik, kromatografi, dan spektroskopi. Metode kromatografi gas-mass spektrometri (GC-MS) merupakan metode gold standard untuk identifikasi komponen kimia dalam minyak atsiri pala dan memungkinkan pendeteksian adanya komponen adulteran. Profil kromatografi GC-MS yang unik untuk pala dapat digunakan sebagai fingerprint untuk verifikasi identitas bahan baku.

#### **2.4.3 Kontrol Kualitas Bahan**

Kontrol kualitas bahan baku pala melibatkan pengujian sistematis terhadap berbagai parameter mutu baik pada tahap penerimaan bahan baku maupun pada berbagai tahap proses produksi. Pengujian meliputi analisis kandungan minyak atsiri melalui distilasi, analisis komponen utama melalui GC-MS, pengujian antioksidan melalui berbagai metode assay, pengujian aktivitas antimikroba, dan pemeriksaan keberadaan kontaminan. Standar operating procedure (SOP) yang jelas harus ditetapkan dan diikuti dengan konsisten untuk memastikan reliabilitas dan reproducibility dari hasil pengujian.

#### **2.4.4 Standar Nasional dan Internasional**

Standar nasional untuk pala di Indonesia telah ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) melalui SNI (Standar Nasional Indonesia) yang mengatur spesifikasi mutu pala, baik pala utuh maupun pala olahan. Secara internasional, standar untuk pala telah ditetapkan oleh ISO (*International Organization for Standardization*), CODEX Alimentarius, dan berbagai organisasi regional. Standar internasional biasanya mencakup spesifikasi untuk parameter fisik, kimia, mikrobiologi, dan kehadiran kontaminan yang harus dipenuhi oleh pala yang diperdagangkan secara internasional. Kepatuhan terhadap standar-standar ini sangat penting untuk memfasilitasi perdagangan internasional dan memastikan keamanan konsumen.

Pala (*Myristica fragrans* Houtt.) merupakan tanaman dengan struktur anatomis yang kompleks dan mengandung berbagai senyawa bioaktif yang memberikan manfaat farmakologis yang beragam. Setiap bagian dari buah pala, termasuk daging buah, fuli, dan biji, memiliki komposisi kimia yang unik dan penggunaan yang berbeda. Minyak atsiri dan oleoresin pala menunjukkan aktivitas antioksidan, antibakteri, antiinflamasi, analgesik, dan berbagai aktivitas farmakologis lainnya yang mendukung pengembangan produk farmasi baru. Standarisasi bahan baku pala melalui parameter mutu yang jelas dan metode kontrol kualitas yang konsisten sangat penting untuk memastikan konsistensi kualitas, kemanjuran, dan keamanan produk pala yang digunakan dalam industri farmasi dan pangan. Penelitian lanjutan tentang mekanisme

aksi dari senyawa bioaktif pala dan optimalisasi dari proses ekstraksi dan pengolahan akan membuka peluang baru untuk memanfaatkan potensi pala secara maksimal dalam pengembangan produk kesehatan yang aman dan berkhasiat.

# Bab 3: Teknologi Pengolahan Pala

---

## 3.1 Prinsip Pengolahan Pala

### 3.1.1 Pengolahan Tradisional

Pengolahan pala secara tradisional telah diterapkan oleh petani dan pengolah selama berabad-abad, terutama di daerah penghasil pala di Indonesia, India, dan negara-negara lain. Metode tradisional umumnya melibatkan proses pengeringan alami yang dilakukan di bawah sinar matahari, dengan waktu pengeringan yang berkisar antara 6 hingga 12 minggu tergantung pada kondisi cuaca dan kelembaban udara (Augoye et al., 2024). Dalam proses tradisional, buah pala dipetik saat matang, kemudian dibelah untuk memisahkan biji dari bagian daging buah dan kulit luar. Biji pala kemudian dijemur di atas panggangan bambu atau lantai beton hingga kadar air mencapai 10-14 persen. Pengolahan tradisional ini memiliki keuntungan karena tidak memerlukan teknologi canggih dan biaya operasional yang rendah, namun memiliki kelemahan dalam hal kurangnya kontrol terhadap kualitas akhir produk, risiko kontaminasi dari lingkungan, dan hasil yang tidak konsisten.

### 3.1.2 Pengolahan Modern

Pengolahan pala modern mengintegrasikan teknologi mekanis dan kontrol proses yang lebih ketat untuk meningkatkan

efisiensi dan kualitas produk. Pengolahan modern mencakup penggunaan mesin-mesin khusus seperti *mesin pemisah* untuk memisahkan biji pala dari cangkangnya, *oven pengeringan* dengan pengontrol suhu dan kelembaban yang presisi, dan *mesin pengupas* untuk menghilangkan lapisan kulit pembungkus (Augoye et al., 2024). Teknologi pemanenan otomatis dan pemisahan awal juga diterapkan untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi tenaga kerja manual. Pengolahan modern juga menerapkan standar hygiene yang ketat, penggunaan bahan pengemas yang sesuai dengan regulasi internasional, dan sistem pelacakan produk dari pabrik hingga ke konsumen akhir. Dengan pengolahan modern, waktu pengeringan dapat diperpendek menjadi 2-4 minggu, dan kualitas produk menjadi lebih konsisten dan terkontrol.

### **3.1.3 Faktor Penentu Kualitas Produk**

Kualitas produk pala ditentukan oleh berbagai faktor yang dimulai dari pemilihan bahan baku hingga proses pengolahan akhir. Faktor pertama adalah pemilihan buah pala yang sudah matang sepenuhnya, karena buah yang belum matang akan menghasilkan biji yang mengandung kadar air tinggi dan rasa yang kurang optimal (Augoye et al., 2024). Faktor kedua adalah waktu dan suhu pengeringan, karena pengeringan yang terlalu cepat atau pada suhu terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan komponen volatil dan hilangnya aroma, sedangkan pengeringan yang tidak cukup dapat menyebabkan pertumbuhan jamur. Faktor ketiga adalah kontrol kadar air akhir produk, umumnya kadar air harus berada di antara 8-14 persen untuk menjamin stabilitas penyimpanan. Faktor keempat

adalah penghindaran kontaminasi mikrobiologi dan fisik selama proses pengolahan, penyimpanan, dan transportasi. Faktor kelima adalah penggunaan bahan pengemas yang tepat untuk melindungi produk dari cahaya, kelembaban, dan oksigen yang dapat merusak komponen aktif pala.

### **3.1.4 Keamanan Pangan**

Keamanan pangan dalam pengolahan pala adalah prioritas utama mengingat pala sering digunakan sebagai bumbu dalam makanan dan minuman. Risiko keamanan pangan dalam pengolahan pala mencakup kontaminasi mikrobiologi, residu pestisida, kontaminasi logam berat, dan kontaminasi fisik dari benda asing (Augoye et al., 2024). Untuk menjamin keamanan pangan, diperlukan implementasi *Good Manufacturing Practice* (GMP) yang ketat, termasuk sanitasi lingkungan kerja, penggunaan air bersih, pelatihan karyawan tentang hygiene pribadi, dan pemisahan area penyimpanan bahan baku dari area pengolahan produk jadi. Selain itu, diperlukan monitoring terhadap residu pestisida dan logam berat melalui pengujian laboratorium berkala. Penerapan *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP) juga sangat penting untuk mengidentifikasi titik-titik kritis dalam proses produksi dan menerapkan kontrol yang tepat untuk mencegah kontaminasi.

## **3.2 Teknik Ekstraksi Minyak Atsiri**

### **3.2.1 Destilasi Uap**

Destilasi uap merupakan metode ekstraksi minyak atsiri pala yang paling tradisional dan umum digunakan secara luas di industri. Dalam proses destilasi uap, uap air panas dialirkan melalui material pala yang telah disiapkan, sehingga komponen-komponen volatil menguap bersama uap air dan kemudian didinginkan dalam kondensor untuk memisahkan minyak dari air (Augoye et al., 2024). Proses destilasi uap memiliki beberapa keuntungan, yaitu: tidak menggunakan pelarut organik sehingga produk aman untuk konsumsi, biaya operasional relatif rendah, teknologi sudah mapan dan mudah diimplementasikan, dan produk minyak yang dihasilkan memiliki rasa dan aroma yang baik. Namun, destilasi uap juga memiliki beberapa kelemahan: rendemen ekstraksi relatif rendah berkisar 8-12 persen, beberapa komponen volatil yang sangat sensitif terhadap panas dapat hilang, waktu proses yang lama berkisar 4-8 jam per batch, dan konsumsi energi yang tinggi.

### **3.2.2 Ekstraksi Pelarut**

Ekstraksi pelarut merupakan metode alternatif yang menggunakan pelarut organik seperti etanol, heksana, atau petroleum eter untuk mengekstrak minyak dan komponen lain dari pala. Dalam proses ekstraksi pelarut, material pala dihubungkan dengan pelarut organik sehingga komponen-komponen yang larut dalam pelarut tersebut akan terekstrak, dan kemudian pelarut diuapkan untuk memisahkan minyak dari pelarut (Ali et al., 2025).

Keuntungan dari ekstraksi pelarut adalah: rendemen ekstraksi lebih tinggi dibandingkan destilasi uap berkisar 12-18 persen, waktu ekstraksi lebih singkat berkisar 2-4 jam, dan dapat mengekstrak komponen-komponen yang tidak volatil atau sensitif terhadap panas. Namun, ekstraksi pelarut memiliki kelemahan signifikan: penggunaan pelarut organik membawa risiko kesehatan bagi pekerja, diperlukan tindakan keamanan khusus untuk menangani pelarut yang flammable, residual pelarut dapat tertinggal dalam produk dan merupakan concern bagi keamanan konsumen, dan peralatan yang diperlukan lebih mahal. Untuk mengatasi kelemahan ini, banyak penelitian yang sedang dikembangkan untuk menggantikan pelarut organik dengan pelarut yang lebih aman seperti air atau supercritical carbon dioxide.

### **3.2.3 *Supercritical Fluid Extraction***

*Supercritical fluid extraction* (SFE) adalah teknologi ekstraksi yang relatif baru dan semakin populer untuk mengekstrak minyak atsiri dari pala. Teknik ini menggunakan *supercritical carbon dioxide* (sc-CO<sub>2</sub>) yang memiliki sifat unik: pada kondisi superkritis (tekanan di atas 73.8 bar dan suhu di atas 31.1°C), CO<sub>2</sub> memiliki properti fisik dan kimia yang berada di antara gas dan cairan, memungkinkan penetrasi mendalam ke dalam material tetapi dengan volatilitas yang masih tinggi (Liu et al., 2021). Keuntungan SFE adalah: tidak menggunakan pelarut organik sehingga produk aman dan tidak ada residual pelarut, suhu ekstraksi dapat dikontrol dengan tepat sehingga komponen volatil dan termolabil dapat dipreservasi dengan baik, waktu ekstraksi singkat berkisar 1-3 jam,

rendemen ekstraksi tinggi berkisar 15-25 persen, dan CO<sub>2</sub> dapat direkuperasi untuk digunakan kembali sehingga ramah lingkungan. Namun, SFE juga memiliki kelemahan: investasi awal untuk peralatan SFE sangat mahal, diperlukan keahlian teknis yang tinggi untuk mengoperasikan peralatan SFE, dan konsumsi energi selama operasi masih cukup tinggi.

#### **3.2.4 Optimasi Rendemen**

Optimasi rendemen ekstraksi minyak pala merupakan aspek penting dalam menjamin ekonomi proses ekstraksi dan efisiensi penggunaan bahan baku. Beberapa strategi optimasi rendemen mencakup: optimasi kondisi suhu dan tekanan ekstraksi, menggunakan modifikasi material baku seperti penghancuran (*grinding*) atau *pre-treatment* dengan pelarut, penggunaan *co-solvent* atau *entrainer* yang dapat meningkatkan kemampuan pelarut utama mengekstrak komponen target (Augoye et al., 2024). Dalam destilasi uap, optimasi dapat dilakukan dengan meningkatkan tekanan uap, memperpanjang waktu distilasi dengan hati-hati untuk menghindari degradasi komponen, dan menggunakan *secondary extraction* pada residu dari ekstraksi pertama. Dalam SFE, optimasi dilakukan dengan menyesuaikan tekanan dan suhu ekstraksi, menggunakan *co-solvent* seperti etanol atau toluene dalam jumlah optimal, dan melakukan ekstraksi multi-tahap untuk meningkatkan *overall recovery*. Monitoring rendemen sebaiknya dilakukan secara berkala untuk memastikan konsistensi proses dan melakukan *adjustment* jika diperlukan.

### **3.3 Karakteristik Minyak Atsiri Daun Pala**

Minyak atsiri yang berasal dari daun pohon pala diperoleh melalui proses distilasi. Minyak ini umumnya tidak berwarna atau kuning, dengan aroma dan rasa seperti pala, dan tidak larut dalam air tetapi larut dalam alkohol. Meskipun biji dan kulit pohon pala merupakan sumber minyak atsiri yang paling dikenal dan banyak digunakan, daunnya juga mengandung senyawa volatil yang melimpah. Senyawa-senyawa ini memberikan manfaat ekonomi dan terapeutik yang sama pentingnya. Secara umum, minyak atsiri dari daun pala memiliki karakter aroma yang khas lebih menyegarkan, dengan nuansa pedas yang halus, dan berbeda dari aroma minyak yang dihasilkan dari bijinya. Karena sifat multifungsinya, minyak ini banyak digunakan dalam berbagai bidang industri, termasuk parfum, sabun, aromaterapi, dan produk farmasi. Menurut (Sipahelut, 2019), minyak atsiri yang disuling dengan uap air mengandung komponen utama yang serupa, seperti  $\alpha$ -pinena,  $\beta$ pinena, limonena,  $\delta$ -terpinena, terpinen-4-ol,  $\alpha$ -terpineol, dan miristisin.

#### **3.3.1 Prosedur Pembuatan minyak atsiri daun pala**

1. Aktifkan pemanas, kemudian panaskan air di dalam ketel hingga mencapai titik didih.
2. Pada saat air mendidih, uap akan terbentuk dan membawa komponen minyak atsiri.
3. Uap air yang mengandung minyak atsiri tersebut selanjutnya dialirkan menuju kondensor.

4. Destilat berupa campuran air (hidrosol) dan minyak atsiri akan terkondensasi dan menetes ke dalam wadah penampung. Proses distilasi ini umumnya berlangsung selama 4–8 jam, bergantung pada jumlah bahan dan kinerja peralatan, dengan waktu penghitungan dimulai sejak tetesan pertama destilat terbentuk.
5. Setelah proses distilasi selesai, destilat yang terkumpul dipindahkan ke dalam corong pisah.
6. Keran pada corong pisah dibuka secara perlahan untuk mengeluarkan lapisan air (hidrosol) hingga tersisa lapisan minyak atsiri.
7. Minyak atsiri murni yang diperoleh kemudian disimpan dalam botol kaca gelap yang kedap udara dan ditempatkan di lokasi yang sejuk serta kering

## **3.4 Teknologi Pascapanen**

### **3.4.1 Pengeringan**

Pengeringan merupakan langkah pascapanen yang paling kritis dalam pengolahan pala karena akan menentukan kualitas akhir produk dan daya simpan jangka panjang. Teknologi pengeringan modern menggunakan oven pengeringan dengan pengontrol suhu dan kelembaban udara yang presisi, memungkinkan pengeringan yang lebih cepat dan konsisten dibandingkan pengeringan alami (Augoye et al., 2024). Proses pengeringan harus dilakukan secara bertahap, dimulai dengan suhu pengeringan awal yang lebih

tinggi (50-60°C) untuk mengurangi kadar air dengan cepat, kemudian dilanjutkan dengan suhu yang lebih rendah (40-45°C) untuk mengeringkan lapisan dalam. Kadar air akhir produk yang ideal adalah 8-14 persen, karena kadar air yang lebih tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan jamur atau bakteri, sedangkan kadar air yang lebih rendah dari 6 persen dapat menyebabkan produk menjadi rapuh dan mudah pecah. Waktu pengeringan rata-rata berkisar antara 48-72 jam tergantung pada ukuran dan tipe oven pengeringan yang digunakan.

### **3.4.2 Penyimpanan**

Penyimpanan produk pala yang tepat sangat penting untuk mempertahankan kualitas, flavor, dan daya simpan produk. Kondisi penyimpanan yang ideal adalah pada suhu ruangan (20-25°C) atau lebih dingin, dengan kelembaban relatif yang rendah (kurang dari 60 persen) dan jauh dari cahaya langsung (Augoye et al., 2024). Produk pala sebaiknya disimpan dalam wadah tertutup rapat untuk mencegah masuknya kelembaban dan oksigen yang dapat merusak komponen volatil dan menyebabkan oksidasi. Bahan pengemas yang direkomendasikan adalah aluminium foil dengan lapisan plastik di dalamnya, atau wadah gelas dengan penutup yang rapat. Penyimpanan jangka panjang dapat dilakukan di dalam refrigerator atau freezer untuk memperpanjang shelf life produk hingga 2-3 tahun. Selama penyimpanan, harus dilakukan monitoring terhadap tanda-tanda kerusakan seperti perubahan warna, bau yang tidak normal, atau munculnya pertumbuhan jamur.

### **3.4.3 Pengemasan**

Pengemasan produk pala harus dirancang untuk melindungi produk dari pengaruh lingkungan eksternal seperti cahaya, kelembaban, oksigen, dan kontaminasi mikrobiologi. Pengemasan yang baik akan memperpanjang shelf life produk dan mempertahankan kualitas flavor dan aroma. Bahan pengemasan yang sering digunakan adalah: kertas kraft berlapis plastik, pouch bermerek *stand-up pouch* dengan ziplock, botol kaca gelap, atau wadah logam (tin containers) (Augoye et al., 2024). Setiap jenis kemasan memiliki keuntungan dan kelemahan: kertas kraft lebih ekonomis dan ramah lingkungan namun memberikan perlindungan yang kurang sempurna, pouch plastik memberikan perlindungan baik dengan biaya moderat namun menimbulkan masalah lingkungan, botol kaca memberikan perlindungan terbaik namun mahal dan berat, dan wadah logam memberikan perlindungan excellent namun juga mahal. Ukuran kemasan harus disesuaikan dengan tujuan pasar, mulai dari kemasan retail kecil (50-100 gram) hingga kemasan bulk (10-25 kilogram).

### **3.4.4 Distribusi**

Distribusi produk pala dari pabrik ke konsumen akhir memerlukan sistem logistik yang efisien dan terkontrol untuk menjaga kualitas produk. Dalam tahap distribusi, produk pala harus dilindungi dari eksposur cahaya yang berlebihan, fluktuasi suhu yang ekstrim, dan kelembaban yang tinggi (Augoye et al., 2024). Selama transportasi, produk sebaiknya disimpan dalam gudang berpendingin atau kontainer yang terisolasi dengan baik. Kendaraan

transportasi harus bersih dan bebas dari bau yang menyenangkan, dan tidak boleh membawa produk lain yang dapat memberikan bau atau rasa yang tidak diinginkan kepada pala. Waktu distribusi harus dipersingkat dengan melakukan pengiriman langsung dari pabrik ke distributor atau retail outlet untuk meminimalkan waktu penyimpanan di tengah jalan. Dokumentasi yang lengkap tentang lot number, tanggal produksi, tanggal kadaluarsa, dan kondisi penyimpanan harus dicatat dan dilacak untuk keperluan traceability dan quality assurance.

## **3.5 Standarisasi Produk Olahan**

### **3.5.1 Parameter Mutu**

Standarisasi parameter mutu produk pala adalah langkah penting untuk memastikan konsistensi kualitas dan memenuhi ekspektasi konsumen. Parameter mutu utama yang harus distandarisasi meliputi: kadar air (harus berada di antara 8-14 persen), kadar minyak atsiri (harus lebih dari 5 persen), kadar abu (harus kurang dari 8 persen), kadar protein, kadar lemak, dan kadar karbohidrat (Chavez & Vicente, 2024). Selain parameter kimia, parameter fisik juga harus distandarisasi seperti: warna (sebaiknya coklat kemerahan yang uniform), aroma (khas pala yang kuat dan menyenangkan), bentuk dan ukuran (harus uniform dan tidak cacat), dan keadaan visual (bebas dari jamur, serangga, dan kotoran fisik). Pengujian parameter mutu dilakukan menggunakan metode-metode yang telah distandarisasi oleh lembaga internasional seperti ISO atau

AOAC, dan hasil pengujian dibandingkan dengan standar acuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

### **3.5.2 Uji Stabilitas**

Uji stabilitas produk pala dilakukan untuk memastikan bahwa produk dapat mempertahankan kualitasnya selama periode penyimpanan yang dijanjikan kepada konsumen. Uji stabilitas mencakup uji akselerasi pada kondisi suhu dan kelembaban yang ekstrim untuk mempercepat terjadinya degradasi produk, dan uji stabilitas jangka panjang pada kondisi penyimpanan normal (Chavez & Vicente, 2024). Parameter yang dimonitor selama uji stabilitas meliputi: perubahan kadar air, perubahan kadar minyak atsiri, perubahan warna, perubahan aroma, pertumbuhan mikrobiologi, dan perubahan parameter kimia lainnya. Uji stabilitas menggunakan analisis HPLC, GC-MS, atau metode chromatografi lainnya untuk mengidentifikasi degradasi komponen aktif dan terbentuknya produk degradasi. Data stabilitas digunakan untuk menentukan shelf life produk dan periode penyimpanan yang aman, serta untuk mengidentifikasi kondisi penyimpanan yang optimal.

### **3.5.3 Sertifikasi Produk**

Sertifikasi produk pala merupakan proses verifikasi bahwa produk memenuhi semua standar kualitas dan keamanan yang telah ditetapkan oleh badan regulasi internasional. Sertifikasi internasional yang penting meliputi: sertifikasi halal untuk pasar Muslim, sertifikasi organik untuk produk yang ditanam tanpa pestisida sintesis, sertifikasi *Fair Trade* untuk menjamin harga yang adil bagi petani, dan sertifikasi ISO untuk sistem manajemen kualitas

dan keamanan pangan (Chavez & Vicente, 2024). Proses sertifikasi melibatkan audit oleh badan sertifikasi independen, pengujian laboratorium sampel produk, dan dokumentasi lengkap tentang seluruh proses produksi. Perusahaan yang ingin memperoleh sertifikasi harus menunjukkan komitmen mereka terhadap kualitas dan keamanan produk melalui implementasi sistem manajemen yang ketat dan kepemimpinan yang visioner dalam hal standardisasi dan improvement berkelanjutan.

### **3.5.4 Regulasi Industri**

Regulasi industri pengolahan pala meliputi berbagai aspek, mulai dari standar bahan baku, proses pengolahan, hingga standar produk akhir dan pengemasan. Regulasi internasional yang berlaku mencakup: Codex Alimentarius yang menetapkan standar internasional untuk keamanan pangan dan nutrisi, regulasi Uni Eropa tentang maximum residue limits (MRL) untuk pestisida, regulasi FDA (Food and Drug Administration) Amerika Serikat tentang keamanan pangan, dan regulasi lokal di masing-masing negara (Chavez & Vicente, 2024). Industri pengolahan pala harus memastikan compliance terhadap semua regulasi yang berlaku di negara tempat produk akan dipasarkan. Untuk memfasilitasi compliance ini, perusahaan harus melakukan risk assessment, implementasi system manajemen untuk setiap aspek operasional, training karyawan, dan audit internal secara berkala. Dokumentasi lengkap harus disimpan sebagai bukti compliance dan untuk keperluan traceability produk jika terjadi masalah keamanan pangan.

# **Bab 4: Produk Pangan**

## **Berbasis Pala**

---

Pala merupakan komoditas rempah-rempah yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan telah digunakan dalam berbagai aplikasi kuliner dan farmasi selama berabad-abad. Dalam konteks kontemporer, pengembangan produk pangan berbasis pala mencakup baik olahan tradisional yang telah dipraktikkan secara turun-temurun maupun inovasi produk pangan modern yang memanfaatkan pengetahuan ilmiah terkini tentang senyawa bioaktif dan teknologi pengolahan. Bab ini membahas secara komprehensif tentang berbagai produk pangan berbasis pala, dari yang tradisional hingga yang inovatif, serta mempertimbangkan aspek-aspek nutrisi, kualitas, dan keamanan pangan.

### **4.1 Olahan Tradisional Pala**

Olahan tradisional pala merepresentasikan warisan kuliner yang kaya dari wilayah-wilayah penghasil pala, khususnya di Kepulauan Maluku dan sekitarnya. Produk-produk tradisional ini telah dikembangkan dan disempurnakan selama berabad-abad melalui pengalaman praktis dari komunitas lokal, dan banyak di antaranya masih tetap populer hingga saat ini.

### **4.1.1 Manisan Pala**

manisan pala adalah produk makanan tradisional yang menawarkan rasa manis disertai aroma khas buah pala. Manisan ini dibuat dari buah pala muda dengan mencampurkannya dengan gula sebelum dikeringkan. Manisan pala dibuat dalam bentuk manisan kering dan manisan basah. Namun, manisan kering lebih sering dijumpai karena

lebih tahan lama. Umumnya ukuran buah pala yang digunakan untuk manisan kering adalah berukuran sedang - besar (Amin, Saeful, et al., 2025).

#### **Bahan dan Alat :**

1. 1 kg Buah pala
2. 1 kg gula pasir
3. 1 ons margarin
4. garam
5. air
6. pengawet
7. Wajan
8. Pisau
9. Wadah air
10. Kompor

#### **Standar Mutu Manisan Pala**

Manisan pala diproduksi dari buah pala segar melalui metode pengolahan tradisional. Karena metode produksi umumnya masih mengandalkan pendekatan tradisional, terdapat berbagai teknik yang dapat diterapkan dalam pembuatan manisan pala. Kualitas rasa,

tekstur, dan warna manisan pala sangat dipengaruhi oleh teknik spesifik yang digunakan oleh masing-masing produsen, terutama yang beroperasi skala rumah tangga. Standar kualitas untuk permen pala merujuk pada ketentuan yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional, sebagaimana tercantum dalam SNI 01-4443-1998 Permen Pala yang Disajikan (Dini Fibriyanti, dkk. 2024).

#### **Prosedur Pembuatan Manisan Pala :**

1. Buat larutan untuk merendam pala dengan mencampurkan 2 sendok makan garam murni (garam kasar) dan air secukupnya dalam baskom. Di potong bagian atas pucuk pala untuk menghilangkan getahnya
2. Potong bagian atas pala untuk mengeluarkan getahnya. Kupas kulit pala, lalu potong buahnya menjadi dua bagian.
3. Rendam pala dalam larutan garam selama dua jam. Parut daging pala hingga halus.
4. Di parut daging buah pala sampai halus
5. Masukkan 1 kg pala parut ke dalam wajan, tambahkan 1 kg gula pasir dan 2 sendok makan margarin, lalu aduk hingga kering (hingga air menguap).
6. Bentuk adonan menjadi bola-bola kecil dan taburi dengan gula pasir.
7. Kemas pala manisan agar siap dinikmati.

#### **4.1.2 Sirup Pala**

Sirup pala adalah minuman tradisional menyegarkan yang terbuat dari daging buah pala tua segar. Minuman ini memiliki rasa dan aroma unik, yang merupakan perpaduan antara manis, asam, dan

kehangatan rempah pala. Menurut (Febriyan Haholongan et al.,2023). Proses mengubah daging buah pala menjadi sirup tidak mengurangi kandungan senyawa bioaktif yang berfungsi sebagai antioksidan, sehingga sirup ini bermanfaat bagi

kesehatan. Selain itu, minyak esensial yang diperoleh dari daging buah pala mengandung komponen kimia utama seperti  $\alpha$ -pinene,  $\alpha$ -terpineol, myristicin, terpinene-4-ol, limonene,  $\beta$ -pinene,  $\alpha$ -terpinolene, dan  $\delta$ -terpinene. Kehadiran senyawa-senyawa ini memberikan manfaat kesehatan, termasuk membantu pencernaan, meredakan pilek, dan memperlancar perut kembung.

**Bahan dan Alat :**

1. 1 kg sari Buah pala
2. garam
3. air
4. pengawet
5. panci
6. Pisau
7. Wadah air
8. kompor 22
9. Sendok pengaduk
10. blender / parutan
11. timbangan analitik
12. kemasan botol

## **Prosedur Pembuatan Sirup Pala**

1. Larutan rendaman pala disiapkan dengan mencampurkan 2 sendok makan garam murni (garam batu) dan air secukupnya dalam baskom.
2. Bagian atas pala dipotong untuk mengeluarkan getahnya.
3. Buah pala kemudian direndam dalam larutan garam selama dua jam.
4. Daging dan kulit pala diparut hingga halus. Campuran yang diparut diperas untuk mengekstrak jusnya.
5. Campuran yang diparut diperas untuk mengekstrak sarinya.
6. Selanjutnya, 1 kg sari daging pala dimasukkan ke dalam panci, ditambahkan 500 gram gula pasir dan 1L air, lalu diaduk hingga mendidih.
7. Setelah itu, produk dikemas dan sirup pala siap dikonsumsi.

### **4.1.3 Selai Pala**

Selai pala adalah produk olahan yang dibuat dengan mengubah daging buah pala menjadi bentuk *spread* atau olesan yang dapat dioleskan pada roti atau bahan makanan lainnya. Proses pembuatan selai pala dimulai dengan pemilihan buah pala yang berkualitas tinggi, diikuti dengan pengupasan dan pembuangan biji. Daging buah yang telah dipisahkan kemudian dimasak bersama dengan gula dan air dalam rasio yang telah ditentukan, dengan pengadukan yang konsisten untuk memastikan distribusi panas yang merata (Mandal et al., 2022).

Selama proses pemasakan, daging buah pala secara bertahap menjadi lunak dan mulai terurai menjadi partikel-partikel yang lebih

kecil. Pada tahap tertentu ketika produk sudah mencapai konsistensi yang diinginkan, bahan-bahan tambahan seperti pektin atau zat pengental alami lainnya dapat ditambahkan untuk mencapai tekstur yang optimal. Pektin, yang dapat bersumber dari buah-buahan lain seperti jeruk atau apel, berperan dalam membantu pembentukan gel dan menciptakan tekstur *spreadable* yang konsisten (Khezerlou et al., 2025).

Selai pala yang berkualitas tinggi memiliki tekstur yang smooth namun tetap cukup kental, warna yang menarik dengan nuansa coklat keemasan, dan rasa yang seimbang antara kemanisan dari gula dan rasa kompleks dari pala. Senyawa bioaktif dalam selai pala, khususnya minyak esensial dan alkaloid, dapat memberikan efek-efek fungsional yang bermanfaat bagi kesehatan konsumen. Produk ini memiliki daya simpan yang cukup lama di bawah kondisi penyimpanan yang tepat, terutama dalam kemasan yang dapat melindungi dari paparan cahaya dan udara (Shahidi & Hossain, 2018).

#### **4.1.4 Minuman Herbal Pala**

Minuman herbal pala merupakan formulasi tradisional yang telah digunakan dalam berbagai sistem pengobatan tradisional untuk mengatasi berbagai keluhan kesehatan. Proses pembuatan minuman herbal pala yang paling sederhana adalah dengan menyeduh potongan biji pala atau bagian lainnya dari pala dalam air panas selama beberapa menit untuk mengekstraksi senyawa-senyawa yang larut dalam air. Suhu air dan durasi perendaman mempengaruhi jumlah dan jenis senyawa yang terekstraksi, sehingga parameter-

parameter ini sangat penting untuk dioptimalkan (Zhang et al., 2025).

Minuman herbal pala dapat diformulasikan dengan berbagai variasi kombinasi bahan, tergantung pada tujuan penggunaan dan preferensi budaya lokal. Variasi umum mencakup pala murni yang hanya diseduh dengan air, atau kombinasi pala dengan rempah-rempah lain seperti jahe, kayu manis, cengkeh, atau bahan herbal tradisional lainnya. Kombinasi-kombinasi ini dirancang untuk menghasilkan profil rasa yang harmonis sambil meningkatkan efek farmakologis yang diinginkan (Mandal et al., 2022).

Minuman herbal pala telah secara tradisional digunakan untuk berbagai tujuan kesehatan, termasuk sebagai pembantu tidur, untuk meningkatkan fungsi pencernaan, untuk mengurangi nyeri dan peradangan, dan untuk meningkatkan kesehatan umum. Senyawa-senyawa aktif dalam pala seperti myristicin, elemicin, eugenol, dan berbagai minyak esensial lainnya memberikan basis ilmiah untuk berbagai efek farmakologis yang diklaim dalam penggunaan tradisional (Shahidi & Hossain, 2018). Minuman ini dapat disajikan panas atau dingin, tergantung pada preferensi dan musim, dan dapat diberi pemanis tambahan dengan madu atau gula sesuai dengan selera individu.

## **4.2 Inovasi Produk Pangan**

Inovasi dalam pengembangan produk pangan berbasis pala mencerminkan upaya untuk memaksimalkan nilai tambah dari pala

sambil memenuhi preferensi konsumen kontemporer dan memanfaatkan pengetahuan ilmiah terkini tentang senyawa bioaktif dan teknologi pengolahan.

#### **4.2.1 Functional Food Berbasis Pala**

Pengembangan *functional food* atau pangan fungsional berbasis pala merupakan kategori inovasi produk yang berkembang pesat dalam industri pangan modern. Pangan fungsional didefinisikan sebagai produk pangan yang, selain menyediakan nutrisi dasar, juga memberikan manfaat kesehatan tambahan yang dapat didokumentasikan melalui penelitian ilmiah. Pala, dengan kandungan senyawa bioaktif yang kaya dan beragam termasuk fenol, flavonoid, dan minyak esensial, merupakan kandidat yang sangat baik untuk pengembangan produk pangan fungsional (Mandal et al., 2022).

Strategi pengembangan *functional food* berbasis pala dapat meliputi fortifikasi produk pangan standar dengan ekstrak pala, penambahan serbuk pala langsung ke dalam berbagai matriks pangan, atau penggunaan teknologi enkapsulasi untuk meningkatkan stabilitas dan bioavailabilitas senyawa bioaktif. Produk-produk yang dapat dikembangkan mencakup minuman yang diperkaya dengan ekstrak pala, yogurt dengan inokulum pala, produk bakery dengan incorporasi serbuk pala, atau bahkan produk-produk yang lebih inovatif seperti gel atau bar yang mengandung pala (Khezerlou et al., 2025).

Teknologi enkapsulasi memainkan peran penting dalam pengembangan produk pangan fungsional berbasis pala. Teknik

seperti emulsi nano (*nanoemulsion*), liposom, atau mikrokapsul dapat digunakan untuk membungkus senyawa bioaktif dari pala dalam partikel-partikel berukuran nano, yang dapat meningkatkan stabilitas senyawa-senyawa tersebut terhadap kondisi-kondisi yang merugikan seperti paparan cahaya, oksigen, atau pH ekstrem. Peningkatan stabilitas ini juga dapat meningkatkan bioavailabilitas senyawa-senyawa tersebut, sehingga meningkatkan efektivitas manfaat kesehatan yang dapat diterima oleh konsumen (Khezerlou et al., 2025).

Penelitian menunjukkan bahwa senyawa bioaktif dalam pala seperti myristicin, elemicin, eugenol, dan berbagai terpena memiliki potensi dalam pencegahan penyakit kronis melalui efek antioksidan, anti-inflamasi, dan antimikroba. Oleh karena itu, pengembangan *functional food* berbasis pala dapat berkontribusi pada promosi kesehatan dan pencegahan penyakit dalam populasi konsumen (Mandal et al., 2022).

#### **4.2.2 Pangan Fermentasi**

Inovasi dalam pengembangan pangan fermentasi berbasis pala merupakan pendekatan yang menarik untuk meningkatkan nilai fungsional dan keragaman profil senyawa bioaktif dari pala. Fermentasi adalah proses biologis yang melibatkan mikroorganisme seperti bakteri asam laktat, *Bacillus*, atau ragi untuk mengubah substrat organik menjadi produk dengan karakteristik sensorik, nutrisi, dan fungsional yang berbeda dari bahan baku awal (Zhang et al., 2025).

Proses fermentasi dapat diterapkan pada berbagai format produk berbasis pala, mulai dari pasta pala fermentasi yang dibuat dengan menggabungkan serbuk pala dengan bahan-bahan lain yang cocok untuk fermentasi seperti tepung, bijak, atau sayuran, hingga minuman fermentasi yang mengandung pala. Selama proses fermentasi, mikroorganisme menghasilkan berbagai enzim yang dapat memecah senyawa-senyawa kompleks menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana dan lebih mudah dicerna (Shahidi & Hossain, 2018).

Manfaat dari fermentasi pada produk berbasis pala mencakup peningkatan kandungan probiotik, perubahan dan penyederhanaan profil senyawa bioaktif, peningkatan ketersediaan nutrisi tertentu, dan pengembangan kompleksitas rasa dan aroma melalui produksi metabolit mikrobial baru. Selain itu, fermentasi juga dapat meningkatkan daya simpan produk melalui penurunan pH dan produksi senyawa antimikroba oleh mikroorganisme fermentasi (Mandal et al., 2022).

Penggunaan *starter cultures* yang dipilih secara khusus dapat membantu dalam mengoptimalkan proses fermentasi dan memastikan konsistensi dari karakteristik sensorik dan fungsional produk yang dihasilkan. Teknologi fermentasi modern juga memungkinkan kontrol yang lebih baik atas parameter fermentasi seperti suhu, pH, dan komposisi substrat, sehingga memungkinkan produksi produk dengan kualitas yang lebih tinggi dan lebih konsisten (Khezerlou et al., 2025).

### 4.2.3 *Snack* dan *Olahan Modern*

Pengembangan snack dan produk olahan modern berbasis pala mencerminkan upaya untuk menyesuaikan pala dengan gaya hidup konsumen kontemporer yang semakin dinamis dan preferensi mereka terhadap produk-produk yang praktis, berkualitas tinggi, dan bermanfaat bagi kesehatan. Produk-produk snack berbasis pala dapat mengambil berbagai bentuk dan format, termasuk keripik atau *chips*, granola, energy bar atau batang energi, permen, atau produk-produk ekstrusi lainnya dengan rasa dan aroma pala (Zhang et al., 2025).

Pengembangan snack modern berbasis pala memerlukan pemahaman mendalam tentang teknologi pengolahan pangan dan preferensi konsumen. Proses *extrusion* atau ekstrusif, misalnya, dapat digunakan untuk mengembangkan produk snack dengan tekstur yang inovatif dan atraktif, sambil pada saat yang sama meningkatkan bioavailabilitas senyawa bioaktif melalui modifikasi struktur fisikokimia dari matriks pangan. Teknologi ekstrusi juga memungkinkan produksi produk dengan profil nutrisi yang dioptimalkan dan penurunan kandungan lemak dibandingkan dengan produk snack tradisional yang diproduksi dengan menggunakan penggorengan (Shahidi & Hossain, 2018).

Inovasi dalam *packaging* juga memainkan peran penting dalam pengembangan snack modern berbasis pala. Penggunaan kemasan aktif atau cerdas yang dapat melepaskan zat-zat antimikroba atau antioksidan dapat membantu dalam mempertahankan kesegaran produk dan memperpanjang shelf life. Kemasan yang dapat melindungi produk dari paparan terhadap

cahaya dan oksigen juga penting untuk mempertahankan stabilitas senyawa bioaktif dalam produk (Khezerlou et al., 2025).

#### **4.2.4 Diversifikasi Produk**

Strategi diversifikasi produk berbasis pala merupakan pendekatan yang penting untuk memaksimalkan nilai tambah dari pala, membuka pasar-pasar baru, dan merespons kebutuhan-kebutuhan konsumen yang beragam. Diversifikasi dapat dilakukan melalui pengembangan produk-produk baru yang belum pernah ada sebelumnya, pemanfaatan bagian-bagian pala yang sebelumnya kurang dimanfaatkan seperti kulit atau aril yang telah dikering menjadi *mace*, atau pengembangan produk-produk yang ditargetkan kepada konsumen dengan kebutuhan kesehatan yang spesifik (Zhang et al., 2025).

Salah satu strategi diversifikasi yang penting adalah pengembangan ekstrak pala yang terkonsentrasi dan standar, yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi industri mulai dari industri pangan hingga industri farmasi dan kosmetika. Teknologi ekstraksi modern seperti *supercritical fluid extraction*, *ultrasound-assisted extraction*, atau *microwave-assisted extraction* dapat menghasilkan ekstrak dengan profil senyawa bioaktif yang spesifik dan konsisten, yang dapat memenuhi kebutuhan aplikasi yang berbeda (Mandal et al., 2022).

Aplikasi dari ekstrak pala yang terdiversifikasi mencakup penggunaan dalam produk suplemen kesehatan, formulasi obat-obatan herbal, pengembangan produk perawatan kulit dan kosmetika yang memanfaatkan sifat-sifat kuratif pala, dan bahkan penggunaan

dalam sistem kemasan aktif atau cerdas untuk industri pangan. Dengan diversifikasi produk yang tepat, nilai ekonomi dari pala dapat dimaksimalkan sambil tetap mempertahankan kualitas dan keamanan produk (Shahidi & Hossain, 2018).

## **4.3 Manisan Pala**

Manisan pala merupakan salah satu produk olahan dari buah pala yang telah lama dikenal dalam kuliner tradisional. Pala, yang memiliki nama ilmiah *Myristica fragrans*, mengandung senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan dan memberikan rasa serta aroma khas yang menarik. Manisan pala tidak hanya digemari karena rasanya yang manis dan segar, tetapi juga karena potensi khasiatnya dalam bidang kesehatan. Pada bagian ini, akan dibahas mengenai proses pembuatan manisan pala, karakteristiknya, serta manfaat yang dapat diperoleh dari mengonsumsinya.

### **4.3.1 Proses Pembuatan Manisan Pala**

Proses pembuatan manisan pala dimulai dengan memilih buah pala yang telah matang sempurna. Setelah itu, buah pala dipisahkan dari bijinya dan kulitnya. Daging buah pala kemudian dipotong-potong sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Proses selanjutnya adalah merebus potongan buah pala dengan larutan gula, sehingga buah pala menyerap rasa manis dan menghasilkan tekstur yang kenyal. Beberapa variasi pembuatan manisan pala dapat melibatkan penambahan rempah-rempah tertentu, seperti cengkeh atau kayu manis, untuk memberikan aroma dan rasa yang lebih kaya

(Iskandar, 2020). Setelah proses perebusan selesai, manisan pala kemudian dikeringkan atau dibungkus dalam lapisan gula untuk mempertahankan kesegarannya dalam waktu yang lama.

#### **4.3.2 Karakteristik Manisan Pala**

Karakteristik manisan pala sangat dipengaruhi oleh kualitas buah pala yang digunakan dan teknik pembuatan yang diterapkan. Manisan pala memiliki tekstur yang kenyal dan rasa yang manis dengan sedikit sentuhan aroma khas dari pala. Warna manisan pala bervariasi, mulai dari coklat keemasan hingga kuning terang, tergantung pada panjangnya proses perebusan dan penambahan bahan tambahan. Selain rasa dan tekstur, manisan pala juga mengandung senyawa aktif dari buah pala itu sendiri, seperti *myristicin* dan *eugenol*, yang memberikan manfaat kesehatan. Oleh karena itu, manisan pala tidak hanya enak tetapi juga dapat memberikan manfaat terapeutik, terutama dalam meningkatkan daya tahan tubuh.

#### **4.3.3 Manfaat Manisan Pala**

Manisan pala, meskipun merupakan makanan manis, menawarkan beberapa manfaat kesehatan. Salah satu manfaat utamanya adalah sebagai bahan alami yang dapat membantu meredakan masalah pencernaan, seperti kembung dan mual. Senyawa *eugenol* dalam pala diketahui memiliki sifat antispasmodik yang membantu meredakan ketegangan pada otot-otot saluran pencernaan (Sari, 2021). Selain itu, manisan pala juga bermanfaat dalam meningkatkan kualitas tidur, berkat sifat relaksasi yang diberikan oleh senyawa *myristicin*. Mengonsumsi manisan pala

secara teratur, dalam jumlah moderat, dapat memberikan rasa kenyang dan meningkatkan energi tubuh.

## **4.4 Sirup Pala**

Sirup pala merupakan produk olahan lain yang memanfaatkan cita rasa dan manfaat buah pala. Sirup ini sering digunakan dalam berbagai minuman, baik sebagai pemanis alami atau sebagai bahan campuran untuk meningkatkan aroma dan rasa pada berbagai hidangan. Sirup pala menawarkan kemudahan dalam menikmati manfaat pala tanpa harus mengolahnya dalam bentuk yang lebih rumit. Pada bagian ini, akan dibahas mengenai proses pembuatan sirup pala, karakteristiknya, serta aplikasi sirup pala dalam industri kuliner.

### **4.4.1 Proses Pembuatan Sirup Pala**

Proses pembuatan sirup pala relatif sederhana dan mirip dengan pembuatan sirup dari bahan-bahan alami lainnya. Langkah pertama adalah menyiapkan buah pala segar, kemudian mengambil daging buahnya dan mengekstraknya. Setelah itu, daging buah pala diperas untuk mengambil sari atau jusnya. Jus pala ini kemudian dicampur dengan larutan gula dan air, lalu dimasak hingga mendidih dan mengental menjadi sirup. Untuk memperkaya rasa, beberapa produsen sirup pala juga menambahkan bahan rempah lainnya seperti cengkeh atau kayu manis. Proses pemasakan dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan kandungan nutrisi dan senyawa bioaktif dalam pala tetap terjaga (Hadi, 2020).

#### **4.4.2 Karakteristik Sirup Pala**

Sirup pala memiliki karakteristik rasa manis dengan sentuhan pedas dan aroma khas dari buah pala. Sirup ini berwarna coklat keemasan dan memiliki tekstur yang kental, yang membuatnya cocok digunakan sebagai pemanis dalam berbagai jenis minuman atau sebagai bahan campuran dalam pembuatan kue. Selain rasa dan aroma yang khas, sirup pala juga mengandung sejumlah senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan, seperti *myristicin* dan *eugenol*. Oleh karena itu, selain memberikan rasa pada hidangan, sirup pala juga memberikan manfaat kesehatan yang bisa dimanfaatkan oleh konsumen yang menginginkan produk alami dengan tambahan nilai gizi.

#### **4.4.3 Manfaat Sirup Pala**

Sirup pala menawarkan sejumlah manfaat kesehatan yang berhubungan dengan kandungan senyawa bioaktif yang terdapat pada buah pala. Salah satu manfaat utamanya adalah sebagai penghangat tubuh dan peningkat sistem imun. Kandungan *myristicin* dalam sirup pala dapat membantu meningkatkan aliran darah dan menghangatkan tubuh, sehingga baik dikonsumsi pada musim hujan atau saat cuaca dingin (Hadi, 2020). Selain itu, sirup pala juga memiliki efek relaksasi dan dapat membantu mengurangi gejala stres serta kecemasan. Penggunaan sirup pala dalam berbagai hidangan atau minuman juga dapat membantu mengatasi gangguan tidur, karena senyawa *eugenol* dalam pala diketahui memiliki efek menenangkan.

## **4.5 Nilai Gizi Produk Olahan**

Pemahaman tentang nilai gizi dan senyawa bioaktif dalam produk olahan berbasis pala sangat penting untuk memastikan bahwa produk tersebut memberikan manfaat kesehatan yang dijanjikan kepada konsumen.

### **4.5.1 Kandungan Nutrisi**

Produk olahan berbasis pala memiliki profil nutrisi yang kompleks dan beragam, yang dipengaruhi oleh komposisi pala asli serta bahan-bahan yang ditambahkan dan proses pengolahan yang digunakan. Pala mengandung berbagai nutrisi makro dan mikro yang penting untuk kesehatan, termasuk protein, lemak, karbohidrat, serat diet, serta berbagai mineral dan vitamin (Shahidi & Hossain, 2018).

Kandungan nutrisi mikro dalam pala mencakup mineral-mineral penting seperti magnesium, potasium, kalsium, zat besi, dan mangan, yang memainkan peran penting dalam berbagai fungsi fisiologis tubuh. Pala juga mengandung vitamin-vitamin seperti vitamin A, vitamin C, dan beberapa vitamin B kompleks, meskipun dalam konsentrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan sumber-sumber lain dari vitamin-vitamin tersebut. Selain nutrisi konvensional, pala juga mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti polifenol, flavonoid, dan minyak esensial yang memberikan manfaat kesehatan tambahan (Mandal et al., 2022).

Kandungan nutrisi dari produk olahan berbasis pala akan dipengaruhi oleh komposisi bahan-bahan yang ditambahkan selama proses pengolahan. Misalnya, manisan pala yang diperkaya dengan

gula dalam konsentrasi tinggi akan memiliki kandungan kalori dan karbohidrat sederhana yang lebih tinggi dibandingkan dengan pala asli, sementara minuman herbal pala yang dibuat melalui ekstraksi air akan memiliki profil nutrisi yang berbeda dengan kandungan senyawa terlarut dalam air yang lebih tinggi dan kandungan lemak yang lebih rendah (Zhang et al., 2025).

#### **4.5.2 Stabilitas Senyawa Bioaktif**

Stabilitas senyawa bioaktif dalam produk olahan berbasis pala merupakan aspek kritis yang menentukan nilai fungsional produk dan kemampuannya untuk memberikan manfaat kesehatan yang dijanjikan. Senyawa bioaktif dalam pala, khususnya minyak esensial dan alkaloid seperti myristicin dan elemicin, merupakan senyawa yang relatif labil dan dapat mengalami degradasi melalui berbagai mekanisme termasuk oksidasi, evaporasi, hidrolisis, dan reaksi-reaksi kimia lainnya (Mandal et al., 2022).

Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas senyawa bioaktif termasuk suhu pengolahan, durasi pengolahan, pH, paparan terhadap cahaya, paparan terhadap oksigen, dan kehadiran enzim-enzim yang dapat mengkatalisis degradasi. Pemilihan metode pengolahan yang tepat sangat penting untuk meminimalkan degradasi senyawa bioaktif. Penggunaan teknologi pengolahan non-termal atau teknologi dengan suhu yang lebih rendah seperti *high-pressure processing* atau *cold plasma* dapat membantu mempertahankan senyawa bioaktif dengan lebih baik dibandingkan dengan pengolahan termal konvensional (Zhang et al., 2025).

Strategi untuk mempertahankan stabilitas senyawa bioaktif juga mencakup penggunaan teknologi enkapsulasi seperti nanoemulsion atau liposom untuk melindungi senyawa bioaktif dari kondisi-kondisi yang tidak menguntungkan, penggunaan antioksidan alami atau zat-zat yang dapat membantu mencegah oksidasi, penggunaan kemasan yang dapat melindungi produk dari paparan cahaya dan oksigen, serta optimisasi kondisi penyimpanan produk (Khezerlou et al., 2025).

#### **4.5.3 Perubahan Selama Pengolahan**

Perubahan-perubahan yang terjadi pada komposisi dan karakteristik produk berbasis pala selama proses pengolahan sangat penting untuk dipahami untuk memastikan bahwa produk akhir mempertahankan nilai fungsional yang diinginkan. Berbagai jenis perubahan dapat terjadi tergantung pada metode pengolahan yang digunakan, termasuk perubahan fisik pada struktur makromolekul, perubahan kimia pada senyawa-senyawa organik, dan perubahan biologis melalui aktivitas enzimatis atau mikrobiologis (Shahidi & Hossain, 2018).

Proses pemasakan, misalnya, dapat menyebabkan degradasi termal dari beberapa senyawa bioaktif volatile melalui evaporasi, tetapi pada saat yang sama dapat meningkatkan ketersediaan atau bioavailabilitas senyawa-senyawa tertentu melalui perubahan struktur fisikokimia atau modifikasi interaksi dengan matriks pangan. Proses pemasakan juga dapat mengaktifkan enzim-enzim tertentu atau menyebabkan denaturasi protein yang dapat

mempengaruhi tekstur dan karakteristik organoleptik produk (Zhang et al., 2025).

Proses fermentasi dapat menyebabkan perubahan yang signifikan pada profil senyawa bioaktif dalam produk melalui aktivitas metabolik mikroorganisme fermentasi. Selama fermentasi, polimer-polimer kompleks dapat dipecah menjadi monomer atau oligomer yang lebih sederhana, yang dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi dan senyawa bioaktif bagi penyerapan di dalam saluran gastrointestinal. Fermentasi juga dapat meningkatkan kandungan proksimat tertentu seperti asam amino tertentu dan menghasilkan senyawa-senyawa antimikroba baru (Mandal et al., 2022).

#### **4.5.4 Dampak terhadap Kesehatan**

Produk olahan berbasis pala memiliki berbagai potensi dampak terhadap kesehatan konsumen yang sebagian besar bersifat positif ketika dikonsumsi dalam jumlah yang tepat dan konsisten. Senyawa bioaktif dalam pala seperti myristicin, elemicin, eugenol, dan berbagai terpena lainnya memiliki sifat-sifat farmakologis yang telah didokumentasikan dalam berbagai penelitian ilmiah (Shahidi & Hossain, 2018).

Efek-efek kesehatan yang potensial dari konsumsi produk berbasis pala mencakup efek antimikroba yang dapat membantu dalam pencegahan infeksi bakteri dan jamur, efek anti-inflamasi yang dapat membantu mengurangi peradangan dalam tubuh dan dengan demikian mengurangi risiko dari berbagai penyakit kronis yang berkaitan dengan peradangan, dan efek antioksidan yang dapat

membantu melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif (Mandal et al., 2022).

Selain itu, senyawa-senyawa dalam pala juga telah menunjukkan potensi dalam efek sedatif atau menenangkan yang dapat membantu meningkatkan kualitas tidur, efek analgesik atau pengurang nyeri, efek pada sistem pencernaan yang dapat membantu meningkatkan fungsi pencernaan dan mengurangi gangguan gastrointestinal, serta efek neuro-protektif yang dapat membantu dalam pencegahan penyakit-penyakit neurodegeneratif (Khezerlou et al., 2025).

Namun, penting untuk diingat bahwa pala dalam jumlah yang berlebihan dapat memiliki efek samping yang tidak diinginkan. Alkohol myristicin dalam dosis yang sangat tinggi dapat menyebabkan efek psikotropik atau bahkan halusinasi. Oleh karena itu, konsumsi produk berbasis pala harus dilakukan dengan jumlah yang moderat dan sesuai dengan rekomendasi yang tepat untuk memaksimalkan manfaat sambil meminimalkan risiko efek samping (Shahidi & Hossain, 2018).

## **4.6 Standar Mutu Pangan**

Penerapan standar mutu pangan yang ketat merupakan aspek yang sangat penting dalam produksi dan distribusi produk pangan berbasis pala untuk memastikan keamanan, kualitas, dan konsistensi produk.

#### 4.6.1 SNI Produk Pala

Standar Nasional Indonesia (SNI) telah ditetapkan untuk memastikan bahwa produk pala dan produk-produk olahan berbasis pala yang beredar di pasaran memenuhi kriteria kualitas dan keamanan yang ditetapkan. SNI untuk pala mencakup spesifikasi untuk pala utuh (*whole nutmeg*), pala bubuk (*ground nutmeg*), dan berbagai produk olahan lainnya, dengan parameter-parameter yang mencakup karakteristik fisik dan kimia dari produk (Shahidi & Hossain, 2018).

Parameter-parameter yang diatur dalam SNI produk pala mencakup kadar air atau *moisture content*, yang harus berada dalam rentang tertentu untuk memastikan stabilitas produk dan meminimalkan risiko pertumbuhan mikroorganisme dan reaksi-reaksi degradatif; kadar abu atau *ash content*, yang merupakan indikator dari kandungan mineral dan kemurnian produk; kadar protein; kadar lemak; dan berbagai parameter kimia lainnya seperti kadar minyak atsiri dan kadar senyawa-senyawa volatile utama yang memberikan karakteristik organoleptik produk (Zhang et al., 2025).

Selain parameter-parameter kimia dan fisik, SNI juga mengatur batas-batas maksimal untuk berbagai kontaminan yang dapat mengganggu keamanan pangan, termasuk residu pestisida, residu logam berat, dan kontaminan biologis. Kepatuhan terhadap SNI sangat penting bagi produsen untuk memastikan bahwa produk mereka dapat diterima oleh konsumen lokal dan dapat bersaing di pasar, serta untuk memfasilitasi ekspor ke negara-negara lain (Mandal et al., 2022).

#### 4.6.2 Parameter Sensorik

Evaluasi sensorik merupakan komponen penting dalam penentuan kualitas produk olahan berbasis pala. Parameter-parameter sensorik yang dievaluasi mencakup berbagai atribut yang dapat dirasakan melalui indra manusia, termasuk warna, aroma, rasa, tekstur, dan tampilan keseluruhan dari produk. Evaluasi sensorik dilakukan oleh panel panelis yang terlatih dan berpengalaman yang memiliki kemampuan untuk membedakan dan mendeskripsikan berbagai atribut sensorik dengan akurat dan konsisten (Khezerlou et al., 2025).

Warna dari produk olahan pala dapat bervariasi tergantung pada jenis produk dan proses pengolahan yang digunakan. Manisan pala biasanya memiliki warna yang kecokelatan atau keemasan yang menarik, sementara sirup pala dapat memiliki warna yang berkisar dari coklat muda hingga coklat gelap tergantung pada tingkat konsentrasi dan lamanya pemasakan. Aroma dari produk pala harus mencerminkan aroma khas pala yang hangat dan slightly sweet dengan nuansa yang kompleks, yang merupakan hasil dari komposisi minyak esensial dalam pala [citation\_1e444).

Tekstur merupakan parameter sensorik yang sangat penting untuk produk-produk seperti manisan pala], [yang harus memiliki tekstur yang kenyal atau *chewy* tanpa menjadi terlalu keras atau terlalu lembek. Selai pala harus memiliki konsistensi yang *spreadable* dengan viskositas yang tepat], [sementara minuman herbal pala harus jernih atau transparan tanpa kekeruhan yang berlebihan. Parameter rasa harus harmonis antara kemanisan

dari gula (jika ditambahkan) dan rasa kompleks dari pala dengan balans yang tepat antara rasa dominan dan undertone-nya (Zhang et al., 2025).

#### **4.6.3 Keamanan Pangan**

Keamanan pangan merupakan aspek kritis dan non-negosiable dalam produksi produk olahan berbasis pala. Produk pangan harus bebas dari berbagai jenis kontaminan yang dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi konsumen, termasuk kontaminan biologis seperti bakteri patogenik dan jamur penghasil toksin, kontaminan kimia seperti residu pestisida dan residu antibiotik, serta kontaminan fisik seperti benda asing yang tidak seharusnya ada dalam produk pangan (Mandal et al., 2022).

Salah satu kontaminan yang perlu mendapat perhatian khusus dalam pala adalah mikotoksin, terutama aflatoksin dan ochratoxin A, yang dapat dihasilkan oleh jamur-jamur tertentu seperti spesies *Aspergillus* yang dapat menginfeksi pala selama pertumbuhan di lapangan atau selama penyimpanan jika kondisi kelembaban tidak terjaga dengan baik. Kadar mikotoksin dalam pala dan produk olahan harus berada di bawah batas maksimal yang ditetapkan oleh regulasi internasional seperti standar Codex Alimentarius atau standar-standar nasional (Shahidi & Hossain, 2018).

Implementasi sistem-sistem keamanan pangan yang ketat harus dilakukan di setiap tahap produksi produk olahan berbasis pala, mulai dari pemilihan dan penerimaan bahan baku, proses pengolahan, penyimpanan produk antara, pengemasan, hingga

penyimpanan dan distribusi produk akhir. Sistem-sistem seperti *Good Manufacturing Practice (GMP)* dan *Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP)* merupakan sistem-sistem yang penting untuk memastikan konsistensi dan keandalan upaya keamanan pangan (Khezerlou et al., 2025).

#### **4.6.4 Shelf Life Produk**

Daya simpan atau *shelf life* dari produk olahan berbasis pala merupakan periode waktu selama produk dapat disimpan dalam kondisi-kondisi penyimpanan yang normal dan tetap mempertahankan karakteristik sensorik, nutrisi, dan keamanan yang dapat diterima oleh konsumen. *Shelf life* dari produk olahan pala akan dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis produk, komposisi nutrisi dan senyawa bioaktif, proses pengolahan yang digunakan, sistem kemasan yang digunakan, dan kondisi-kondisi penyimpanan seperti suhu, kelembaban, dan paparan terhadap cahaya (Zhang et al., 2025).

Produk-produk yang memiliki kadar air yang lebih rendah dan kadar gula atau pengawet alami yang lebih tinggi, seperti manisan pala atau sirup pala, umumnya memiliki *shelf life* yang lebih panjang dibandingkan dengan produk-produk yang memiliki kadar air yang lebih tinggi. Penggunaan antioksidan alami atau zat-zat antimikroba alami dalam produk dapat membantu memperpanjang *shelf life* dengan mencegah pertumbuhan mikroorganisme atau reaksi-reaksi oksidatif yang dapat menurunkan kualitas produk (Shahidi & Hossain, 2018).

Sistem kemasan memainkan peran kritis dalam mempertahankan *shelf life* dari produk olahan pala. Kemasan yang dapat melindungi produk dari paparan terhadap cahaya, udara, dan kelembaban akan membantu mempertahankan kualitas produk lebih lama dan meminimalkan laju perubahan pada senyawa-senyawa volatil dan senyawa-senyawa bioaktif lainnya. Teknologi kemasan aktif atau kemasan cerdas yang dapat melepaskan zat-zat antimikroba atau antioksidan secara terkontrol juga merupakan strategi yang dapat membantu memperpanjang *shelf life* dan mempertahankan kualitas produk (Khezerlou et al., 2025).

Monitoring dan testing terhadap perubahan pada sifat-sifat fisik, kimia, dan sensorik dari produk selama penyimpanan harus dilakukan secara berkala dan sistematis untuk menentukan *shelf life* yang akurat dan dapat diandalkan dari produk, serta untuk mengidentifikasi kondisi-kondisi penyimpanan yang optimal untuk mempertahankan kualitas produk (Mandal et al., 2022).

# Bab 5: Produk Kosmetik dan Aromaterapi

---

Minyak atsiri pala (*Myristica fragrans* Houtt.) telah lama dikenal sebagai bahan berharga dalam industri kosmetik dan aromaterapi berkat aroma yang khas dan komponen bioaktifnya yang unik. Penggunaan minyak pala dalam produk kosmetik dan aromaterapi terus berkembang seiring dengan meningkatnya permintaan konsumen terhadap produk-produk alami yang aman dan efektif. Bab ini menguraikan secara komprehensif tentang aplikasi minyak atsiri pala dalam formulasi kosmetik, produk aromaterapi, formulasi produk kosmetik yang optimal, serta aspek regulasi yang penting dalam pengembangan dan pemasaran produk pala.

## 5.1 Minyak Atsiri dalam Kosmetik

Minyak atsiri pala merupakan komponen yang sangat berharga dalam formulasi kosmetik modern karena kombinasi uniknya antara aroma yang menarik dan manfaat kesehatan kulit yang signifikan.

### 5.1.1 Karakteristik Minyak Pala

Minyak atsiri pala memiliki karakteristik fisik yang khas yang membedakannya dari minyak atsiri lainnya. Secara organoleptik, minyak ini menampilkan warna yang jernih hingga

kekuningan, dengan aroma yang hangat, pedas, dan sedikit manis. Viskositas minyak pala relatif rendah hingga sedang, memungkinkannya untuk mudah bercampur dengan bahan lain dalam formulasi kosmetik. Densitas spesifik minyak pala berkisar antara 0,88-0,90 g/mL, yang membuatnya cocok untuk berbagai jenis formulasi topikal. Nilai pH dari minyak pala sendiri adalah netral hingga sedikit asam, namun dalam formulasi kosmetik dengan bahan-bahan lain, pH final harus diatur untuk kesesuaian dengan kulit manusia yaitu berkisar antara 4,5-7,0 untuk memastikan kompatibilitas dermatologis yang optimal.

### **5.1.2 Komponen Aktif Utama**

Komponen aktif utama dari minyak atsiri pala yang paling signifikan dalam konteks kosmetik adalah myristicin, sabinene, eugenol, dan caryophyllene. Myristicin merupakan komponen fenolik yang bertanggung jawab untuk sebagian besar aktivitas biologis dari minyak pala, termasuk efek antimikroba dan antioksidan. Sabinene, sebagai monoterpenoid utama, memberikan kontribusi pada aroma karakteristik dan memiliki sifat pendingin saat diaplikasikan pada kulit. Eugenol dikenal karena sifat analgesiknya yang dapat membantu menenangkan kulit yang iritasi dan meradang. Komponen-komponen ini bekerja secara sinergis dalam memberikan manfaat estetik dan terapeutik pada formulasi kosmetik, menciptakan produk yang tidak hanya aromatic tetapi juga memberikan manfaat nyata bagi kesehatan kulit.

### **5.1.3 Stabilitas Formulasi**

Stabilitas formulasi kosmetik yang mengandung minyak atsiri pala adalah faktor kritis yang harus dipertimbangkan dengan cermat. Minyak atsiri cenderung mudah teroksidasi ketika terpapar cahaya, udara, dan suhu tinggi, yang dapat menyebabkan perubahan warna, aroma, dan potensi terjadinya reaksi kimia yang tidak diinginkan. Untuk menjaga stabilitas, formulasi kosmetik dengan minyak pala harus dilindungi dari cahaya dengan menggunakan kemasan gelap atau buram. Selain itu, penambahan antioksidan seperti tokoferol atau asam askorbat dapat membantu mencegah oksidasi dari minyak pala dan komponen kosmetik lainnya. Uji stabilitas *freeze-thaw cycling* menunjukkan bahwa formulasi minyak aromaterapi pala tetap stabil secara fisik di bawah kondisi ekstrem, mempertahankan homogenitas, pH, dan viskositas yang konsisten (Suhenro et al., 2026). Penyimpanan pada suhu kamar (15-25°C) atau di tempat yang sejuk gelap adalah kondisi optimal untuk menjaga integritas formulasi.

### **5.1.4 Aplikasi Kosmetik**

Aplikasi minyak atsiri pala dalam kosmetik sangat beragam dan mencakup berbagai kategori produk. Dalam produk perawatan wajah, minyak pala dapat diformulasikan dalam serum, krim, atau masker untuk memberikan efek antioksidan dan anti-inflamasi yang membantu mengatasi kulit berjerawat atau kulit sensitif. Dalam produk perawatan tubuh, minyak pala sering ditambahkan ke dalam body lotion, body scrub, dan produk mandi untuk memberikan aroma yang relaksasi dan manfaat kesehatan kulit. Dalam kategori

hair care, minyak pala dapat digunakan dalam formula kondisioner, hair mask, dan oil treatment untuk membantu meningkatkan kesehatan kulit kepala dan rambut. Penggunaan minyak pala dalam lip balm dan produk perawatan bibir juga populer, memberikan kelembaban dan perlindungan sambil memberikan aroma yang menyenangkan.

## **5.2 Produk Aromaterapi**

Produk aromaterapi yang mengandung minyak atsiri pala dirancang khusus untuk memberikan manfaat kesehatan mental dan fisik melalui inhalasi dan penyerapan melalui kulit.

### **5.2.1 Parfum Pala**

Penggunaan pala (*Myristica fragrans*) sebagai bahan parfum dan obat berasal dari Kepulauan Banda di Maluku, yang selama berabad-abad merupakan satu-satunya penghasil rempah tersebut. Aroma khas minyak atsiri pala berasal dari campuran senyawa kimia yang kompleks. Tiga komponen kunci yang membentuk bau dan efek khasnya meliputi miristisin, yang memberikan aroma khas pada pala; sabinena, suatu monoterpena yang menghasilkan aroma segar, ber kayu, sedikit pedas, dan beraroma jeruk; dan terpinen-4-ol, yang berkontribusi pada aroma ber kayu dan herbal pala.

Parfum pala adalah wewangian yang menggunakan minyak esensial pala sebagai komponen utamanya, menghasilkan aroma hangat, manis, dan pedas. Wewangian ini dapat berupa produk murni yang hanya menggunakan minyak pala atau kombinasi minyak

tersebut dengan rempah-rempah alami lainnya. Pala umumnya digunakan sebagai nada tengah dalam komposisi parfum, berkat kemampuannya untuk menambahkan kehangatan dan kedalaman pada keseluruhan aroma (Amin et al., 2025).

**Alat Parfum Minyak Pala:**

1. Gelas ukur
2. Botol Spray

**Bahan Parfum Minyak Pala :**

1. Etanol 96%
2. Minyak atsiri pala 2 tetes
3. Essential oil (parfume) sesuai selera

**Prosedur Pembuatan :**

1. Etanol 96% dimasukkan ke dalam botol semprot hingga mencapai setengah volume botol.
2. Minyak atsiri pala kemudian ditambahkan ke dalam botol semprot tersebut.
3. Essential oil (parfum) ditambahkan sesuai dengan kebutuhan atau preferensi aroma.
4. Botol selanjutnya ditutup rapat dan dikocok secara perlahan hingga seluruh bahan tercampur homogen.

**Manfaat Parfum Minyak Atsiri :**

1. Penggunaan pala (minyak atsiri) berfungsi untuk memberikan aromaterapi pala parfum
2. Penggunaan bibit parfum (essential oil) membuat parfum menjadi lebih segar, wangi dan menghasilkan parfum dengan aroma yang bervariasi

### 5.2.2 Roll-on pala

Aroma terapi adalah salah satu bentuk produk farmasi yang berasal dari pengobatan herbal tradisional, yang bertujuan untuk mengatasi akar penyebab masalah kesehatan, alih-alih sekadar meredakan gejalanya. Misalnya, sakit kepala pramenstruasi (PMS) (Muslim & Al-Washliyah, 2022).

Roll-on Pala Menghirup minyak esensial ke dalam paru-paru memberikan manfaat psikologis dan fisik. Aroma yang menyenangkan merangsang talamus untuk melepaskan enkephalin, yang bertindak sebagai pereda nyeri alami dan menciptakan rasa tenang. Proses pembuatan roll-on aromaterapi dari bahan-bahan tumbuhan alami sederhana dan murah, dengan bahan dan peralatan yang sederhana, menjadikan produk ini mudah didapat dan ekonomis. Miristisin, yang terkandung dalam pala, berfungsi sebagai agen sedatif-hipnotik, antidepresan, antimikroba, antioksidan, antidiabetik, antiinflamasi, dan hepatoprotektif. Sementara itu, elemicin menghasilkan efek halusinogenik dan membantu menginduksi tidur, bersama dengan miristisin. Produk roll-on ini dirancang khusus sebagai sediaan aromaterapi, yang mengutamakan kepraktisan. Inovasi ini memudahkan dan efisiennya aplikasi aromaterapi melalui formulasi dosis yang sesuai dengan standar aromaterapi pala. Lebih lanjut, roll-on aromaterapi ini juga mengandung alkaloid, flavonoid, polifenol, dan sinamaldehida yang berasal dari pala (*Myristica fragrans* Houtt) (Hariyanto et al., 2024).

## **Alat**

- Timbangan
- Sendok
- Wadah plastik
- Botol roll-on

## **Bahan**

- Kamper  $\frac{1}{2}$  sendok makan ( $\pm 1,8$  g)
- Mentol 1 sendok makan ( $\pm 3,1$  g)
- Etanol 96% 1 sendok makan (secukupnya)
- Minyak kelapa 6 sendok makan ( $\pm 31,2$  ml)
- Minyak pala 1 sendok makan ( $\pm 3,1$  ml)
- *Essential oil* (pewangi)  $\frac{1}{2}$  sendok teh (sesuai selera)

## **Prosedur Pembuatan**

1. Bahan-bahan dituang sesuai dengan takaran yang telah ditetapkan..
2. Kamper dan mentol dimasukkan ke dalam wadah, kemudian etanol 96% ditambahkan secara perlahan sambil diaduk hingga seluruh bahan larut sempurna.
3. Minyak kelapa ditambahkan sesuai takaran, kemudian campuran diaduk kembali hingga homogen
4. Minyak pala ditambahkan sesuai takaran dan diaduk kembali hingga tercampur merata.
5. *Essential oil* (pewangi) ditambahkan sesuai kebutuhan, kemudian larutan diaduk kembali hingga homogen.

6. Larutan yang telah tercampur sempurna selanjutnya dimasukkan ke dalam botol roll-on yang bersih dan siap digunakan.

#### **Manfaat Roll On Minyak Atsiri :**

1. Merelaksasikan Tubuh
2. Menyegarkan Pikiran
3. Memperbaiki mood
4. Tidak menimbulkan efek samping terhadap sistem saraf

#### **5.2.3 Minyak Pijat**

Minyak pijat yang mengandung minyak atsiri pala merupakan produk yang menggabungkan manfaat terapi pijat dengan aromaterapi untuk menciptakan pengalaman relaksasi yang holistik. Formulasi minyak pijat dengan minyak pala biasanya menggunakan minyak almond, minyak kelapa, atau minyak jojoba sebagai base oil untuk memastikan tekstur yang sesuai dan kemampuan slip yang baik selama proses pijat. Studi pada formulasi emolien aromaterapi yang dikembangkan dengan mentransfer teknologi dari minyak essential oils lainnya menunjukkan bahwa kombinasi yang tepat antara minyak dasar dan aroma dapat menghasilkan produk yang tidak hanya efektif dalam memberikan manfaat relaksasi tetapi juga aman dan tidak mengiritasi kulit (Arsyad et al., 2025). Penggunaan minyak pijat pala secara teratur dapat membantu mengurangi stress, meningkatkan sirkulasi darah lokal, dan memberikan sensasi kehangatan dan kenyamanan yang mendukung kesejahteraan emosional.

#### **5.2.4 Balsem pala**

Balsem pala merupakan produk topikal yang mengandung minyak atsiri dari biji *Myristica fragrans* yang dikenal karena sifat terapeutiknya yang beragam. Minyak pala mengandung senyawa aktif seperti eugenol dan myristicin yang memiliki efek analgesik, antiinflamasi, dan antimikroba. Balsem pala banyak digunakan dalam pengobatan tradisional untuk meredakan nyeri otot, sakit kepala, serta membantu mengatasi gangguan pernapasan. Selain itu, produk ini juga dimanfaatkan dalam kosmetik dan perawatan kulit karena kemampuannya dalam melembapkan dan memberikan efek relaksasi melalui aromanya yang khas.

#### **Alat**

- Timbangan
- Panci
- Kompor
- Pengaduk
- Botol balsem

#### **Bahan**

- Vaseline (60 g)
- Parafin (5,25 g)
- Mentol (7,5 g)
- Kamper (6 g)
- Minyak pala (12 ml)
- Minyak kelapa (12 ml)

## **Prosedur Pembuatan**

1. Bahan-bahan ditimbang sesuai dengan takaran yang telah ditentukan.
2. Vaseline dan parafin dimasukkan ke dalam panci, kemudian dipanaskan menggunakan api kecil hingga seluruh komponen larut sempurna.
3. Mentol ditambahkan ke dalam campuran, kemudian diaduk hingga homogen.
4. Kamper ditambahkan dan diaduk kembali hingga tercampur merata.
5. Minyak pala ditambahkan ke dalam campuran dan diaduk hingga homogen.
6. Minyak kelapa kemudian ditambahkan dan diaduk hingga seluruh bahan tercampur sempurna.
7. Campuran balsem yang telah homogen dituangkan ke dalam wadah dan dibiarkan hingga memadat.

## **Manfaat Balsem Minyak Atsiri :**

1. Menghangatkan badan
2. Meredakan nyeri otot
3. Meredakan sakit kepala
4. Melegakan pernapasan

### **5.2.5 Efek Psikologis**

Efek psikologis dari minyak atsiri pala dalam aromaterapi telah menjadi subjek penelitian yang semakin berkembang. Penelitian menunjukkan bahwa paparan terhadap aroma minyak pala dapat mengurangi tingkat stres dan kecemasan melalui mekanisme

yang melibatkan sistem olfaktori dan dampaknya pada amygdala dan area limbik lainnya di otak. Studi pada hewan percobaan menunjukkan bahwa minyak aromaterapi pala dengan konsentrasi 2%, 4%, dan 8% semuanya menghasilkan pengurangan yang signifikan dalam perilaku yang menunjukkan stress, dengan efek yang lebih kuat pada konsentrasi yang lebih tinggi (Suhentro et al., 2026). Efek relaksasi dan anti-stress dari minyak pala diduga berasal dari komponen myristicin dan safrole yang dapat berinteraksi dengan reseptor neurotransmitter dalam sistem saraf pusat. Penggunaan aromaterapi pala secara regular dapat berkontribusi pada peningkatan kualitas tidur, pengurangan gejala anxiety, dan peningkatan keseimbangan emosional yang keseluruhan.

## **5.3 Formulasi Produk Kosmetik**

Formulasi produk kosmetik yang mengandung minyak atsiri pala memerlukan perhatian terhadap berbagai aspek teknis untuk memastikan produk yang efektif, stabil, dan aman.

### **5.3.1 Sediaan Topikal**

Sediaan topikal yang mengandung minyak atsiri pala dapat berbentuk berbagai macam, termasuk krim, lotion, gel, dan serum, masing-masing dengan karakteristik dan aplikasi yang berbeda. Krim adalah formulasi *emulsion* dari tipe *water-in-oil* atau *oil-in-water* yang memberikan tekstur yang kaya dan oklusif yang cocok untuk kulit kering. Lotion adalah formulasi yang lebih ringan dengan kandungan air yang lebih tinggi, cocok untuk kulit normal hingga

berminyak. Gel adalah formulasi yang menggunakan polimer untuk menciptakan tekstur yang transparan dan ringan yang cepat diserap. Serum adalah formulasi konsentrat dengan persentase bahan aktif yang tinggi yang dimaksudkan untuk penetrasi mendalam ke dalam lapisan kulit. Pemilihan jenis sediaan topikal harus mempertimbangkan tipe kulit target, manfaat yang diinginkan, dan preferensi konsumen terhadap tekstur dan sensasi pada kulit.

### **5.3.2 Emulsi dan Gel**

Emulsi adalah tipe formulasi yang paling umum digunakan dalam kosmetik untuk menggabungkan minyak dan air, yang secara alami tidak dapat bercampur, menjadi produk yang homogen dan stabil. Untuk formulasi kosmetik dengan minyak pala, emulsifikasi yang tepat sangat penting karena minyak atsiri dapat mengganggu struktur emulsi jika tidak ditangani dengan hati-hati. Penggunaan emulsifier yang sesuai, seperti gliserin monostearate atau polysorbates, membantu menciptakan antarmuka yang stabil antara fase minyak dan air. Gel formulasi dengan minyak pala dapat dibuat dengan menggunakan gelifying agents seperti carbomer, xanthan gum, atau cellulose derivatives. Teknologi nano-emulsi mewakili pendekatan inovatif dalam formulasi kosmetik yang menggunakan low-energy atau high-energy methods untuk menciptakan partikel yang sangat halus yang dapat meningkatkan stabilitas dan performa kosmetik (Miastkowska et al., 2018).

### **5.3.3 Stabilitas Produk**

Stabilitas produk kosmetik yang mengandung minyak pala harus dipantau melalui berbagai uji, termasuk uji stabilitas

akselerasi, uji *freeze-thaw cycling*, uji centrifugasi, dan uji penyimpanan jangka panjang. Uji akselerasi dilakukan pada suhu yang meningkat (biasanya 40°C atau 45°C) untuk mempercepat degradasi potensial dan mengidentifikasi masalah stabilitas dalam waktu singkat. Uji *freeze-thaw cycling* melibatkan pengulangan siklus pembekuan dan pencairan untuk mengevaluasi stabilitas emulsi di bawah kondisi ekstrem. Parameter yang dimonitor meliputi perubahan warna, pemisahan fase, perubahan pH, perubahan viskositas, dan perubahan organoleptik lainnya. Produk yang stabil harus mempertahankan semua parameter ini dalam range yang acceptable selama periode penyimpanan yang ditentukan, biasanya minimal 12 bulan.

#### **5.3.4 Uji Keamanan**

Uji keamanan kosmetik yang mengandung minyak pala sangat penting untuk memastikan bahwa produk aman untuk digunakan pada kulit manusia dan tidak menimbulkan reaksi alergi atau iritasi yang tidak diinginkan. Uji keamanan dermatologis meliputi uji iritasi kulit, uji sensitivitas, dan uji phototoksisitas. Uji iritasi kulit dapat dilakukan secara *in vitro* menggunakan model kulit buatan atau secara *in vivo* pada hewan percobaan sesuai dengan regulasi yang berlaku. Hasil uji keamanan menunjukkan bahwa formulasi kosmetik dengan minyak pala, ketika diformulasikan dengan benar dengan pH yang sesuai, tidak menunjukkan reaksi negatif pada kulit dan aman untuk penggunaan topical (Arsyad et al., 2025). Uji teratogenisitas dan toksisitas akut juga dapat dilakukan

untuk memastikan tidak ada efek samping serius yang dapat terjadi dari penggunaan produk.

## **5.4 Regulasi Kosmetik**

Aspek regulasi sangat penting dalam pengembangan dan pemasaran produk kosmetik yang mengandung minyak pala untuk memastikan keamanan konsumen dan kepatuhan terhadap peraturan yang berlaku.

### **5.4.1 Standar BPOM**

Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Indonesia telah menetapkan standar dan regulasi khusus untuk kosmetik yang mengandung bahan-bahan alami seperti minyak atsiri pala. Standar BPOM memerlukan bahwa setiap produk kosmetik harus terdaftar dan mendapatkan izin edar sebelum dapat dipasarkan. Proses registrasi melibatkan penyerahan dokumentasi lengkap tentang komposisi produk, proses manufaktur, uji keamanan dan efikasi, serta informasi labeling. Standar keamanan BPOM mencakup persyaratan tentang kemurnian bahan baku, sterilitas produk, dan ketiadaan kontaminan yang berbahaya. Untuk minyak atsiri pala yang digunakan dalam kosmetik, harus memenuhi standar kemurnian tertentu dan harus diproduksi dari sumber yang terpercaya.

### **5.4.2 Keamanan Bahan**

Keamanan bahan merupakan kriteria fundamental dalam regulasi kosmetik. Minyak atsiri pala telah dievaluasi untuk

keamanannya oleh berbagai organisasi internasional termasuk International Fragrance Association (IFRA) dan Cosmetic Ingredient Review (CIR) panel. Meskipun minyak pala umumnya dianggap aman untuk penggunaan kosmetik dalam konsentrasi tertentu, terdapat beberapa komponen yang memerlukan batasan penggunaan. Myristicin, komponen utama dari minyak pala, telah ditetapkan dengan batas maksimal penggunaan dalam produk kosmetik karena potensi toksisitas pada dosis tinggi. Eugenol, komponen lainnya, juga memiliki batasan penggunaan karena potensi sensitisasi kulit pada individu yang sensitif. Semua informasi tentang keamanan bahan harus didokumentasikan dan diserahkan kepada otoritas regulasi.

### **5.4.3 Labeling**

Pelabelan produk kosmetik yang mengandung minyak atsiri pala harus memenuhi persyaratan regulasi yang ketat untuk memberikan informasi yang lengkap dan akurat kepada konsumen. Label produk harus mencakup nama produk, nama produsen, daftar semua bahan aktif dan inaktif yang digunakan, tanggal produksi dan tanggal kadaluarsa, cara penggunaan yang aman dan benar, peringatan dan kontraindikasi yang relevan, dan nomor izin edar dari otoritas regulasi. Bahan-bahan harus ditulis sesuai dengan International Nomenclature of Cosmetic Ingredients (INCI) untuk memastikan konsistensi dan transparansi. Informasi tentang efektivitas produk yang diklaim harus didukung oleh data ilmiah yang memadai dan tidak boleh membuat klaim kesehatan yang berlebihan atau tidak didukung.

#### **5.4.4 Legalitas Produk**

Legalitas produk kosmetik yang mengandung minyak pala memerlukan kepatuhan penuh terhadap semua regulasi yang berlaku baik di tingkat nasional maupun internasional. Setiap produk yang akan dipasarkan harus memiliki izin edar yang sah dari BPOM atau otoritas regulasi yang sesuai di negara tujuan. Produk yang diproduksi harus mematuhi Good Manufacturing Practices (GMP) untuk memastikan kualitas dan keamanan produk yang konsisten. Jika produk akan diekspor, harus mematuhi regulasi dari negara tujuan, yang mungkin berbeda dari regulasi Indonesia. Auditor independen dapat melakukan inspeksi fasilitas produksi untuk memverifikasi kepatuhan terhadap standar GMP dan persyaratan regulasi lainnya.

Penggunaan minyak atsiri pala dalam produk kosmetik dan aromaterapi mewakili aplikasi yang berkembang pesat dalam industri kesehatan dan kecantikan. Minyak ini menawarkan kombinasi unik dari aroma yang menarik dan komponen bioaktif yang memberikan manfaat nyata bagi kesehatan kulit dan kesejahteraan psikologis. Formulasi kosmetik yang sukses dengan minyak pala memerlukan pemahaman mendalam tentang karakteristik fisik minyak, komponen aktifnya, dan persyaratan stabilitas serta keamanan. Teknologi modern seperti nano-emulsi membuka peluang baru untuk meningkatkan performa dan stabilitas produk. Kepatuhan terhadap regulasi yang ketat, termasuk standar BPOM, keamanan bahan, labeling yang tepat, dan legalitas produk, adalah prasyarat untuk berhasil memasarkan produk kosmetik pala

di pasar yang kompetitif. Dengan memperhatikan semua aspek ini, produsen dapat mengembangkan produk kosmetik dan aromaterapi berbasis pala yang aman, efektif, dan memenuhi kebutuhan konsumen yang semakin meningkat akan produk-produk alami yang berkualitas tinggi.

# Bab 6: Pala dalam Mitigasi Lingkungan

---

## 6.1 Peran dalam Konservasi Tanah

### 6.1.1 Struktur Akar Pala

Struktur akar pohon pala memiliki karakteristik khusus yang membuatnya sangat efektif dalam menjaga kestabilan tanah dan mencegah erosi. Pohon pala memiliki sistem akar yang dalam dan luas, dengan akar utama yang dapat menembus hingga kedalaman 2-3 meter dan akar lateral yang tersebar di sepanjang permukaan tanah dalam radius yang cukup luas. Akar-akar ini berfungsi sebagai pengikat atau penahan partikel tanah, meningkatkan kohesi tanah dan mengurangi mobilitas partikel tanah yang dapat terhanyut oleh air hujan atau angin (Sharma et al., 2025). Sistem perakaran pala yang kuat juga meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah karena akar menciptakan jaringan pori makro yang memudahkan air menembus ke lapisan yang lebih dalam. Selain itu, pemecahan akar terhadap struktur tanah yang kompak membantu meningkatkan porositas dan aerasi tanah, yang sangat penting untuk kehidupan organisme tanah dan perkembangan akar tanaman lain dalam sistem agroforestri berbasis pala.

### **6.1.2 Stabilitas Lereng**

Stabilitas lereng merupakan aspek penting dalam mitigasi bencana alam dan konservasi tanah di wilayah-wilayah berbukit atau pegunungan. Pohon pala, dengan sistem akar dalamnya, memiliki kemampuan sangat baik dalam meningkatkan stabilitas lereng karena akar-akar tersebut mengikat lapisan tanah dan mencegah pergerakan massa tanah. Penelitian menunjukkan bahwa penanaman pohon dalam sistem agroforestri dapat meningkatkan faktor keamanan lereng (*factor of safety*) hingga 30-40 persen dibandingkan dengan tanah tanpa tutupan vegetasi (Satish et al., 2024). Akar pala yang dalam juga menyerap air dari pori tanah pada kedalaman yang berbeda, sehingga mengurangi tekanan air pori yang merupakan salah satu faktor pemicu longsor. Efek mekanis dari akar dalam menahan gerakan tanah dikombinasikan dengan efek hidrologis dari penyerapan air membuat pala menjadi pilihan tanaman yang sangat strategis untuk ditanam di daerah-daerah rawan longsor dan di lereng-lereng curam untuk menjaga kestabilan lahan.

### **6.1.3 Pencegahan Erosi**

Erosi tanah adalah salah satu bentuk degradasi lahan yang paling serius dan mengancam produktivitas pertanian serta kualitas lingkungan. Pohon pala memiliki peran signifikan dalam pencegahan erosi melalui beberapa mekanisme. Pertama, kanopi atau tajuk pala yang lebat dan luas menangkap air hujan, mengurangi kecepatan dan energi kinetik air hujan yang sampai ke permukaan tanah, dengan demikian mengurangi kemampuan air hujan untuk mengikis partikel tanah. Studi menunjukkan bahwa vegetasi pohon

dapat mengurangi erosi hingga 60-80 persen dibandingkan dengan lahan yang terbuka (Khan & Khan, 2024). Kedua, serasah atau daun-daun pala yang gugur membentuk lapisan organik di permukaan tanah (*litter layer*) yang melindungi tanah dari dampak langsung air hujan dan meningkatkan infiltrasi. Ketiga, akar pala yang dalam meningkatkan stabilitas tanah dan mengurangi kemungkinan terjadinya *mass wasting* atau aliran tanah. Keempat, sistem akar pala meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah, sehingga mengurangi volume aliran permukaan (*overland flow*) yang merupakan agen utama erosi.

#### **6.1.4 Pengelolaan Lahan**

Pengelolaan lahan berkelanjutan adalah kunci untuk memastikan produktivitas jangka panjang dan menjaga kesehatan ekosistem. Pala dalam sistem agroforestri berkontribusi pada pengelolaan lahan yang lebih baik melalui berbagai cara. Pertama, pala meningkatkan kesuburan tanah melalui pelapukan serasah yang kaya akan mineral dan organik, serta melalui perbaikan struktur tanah yang memfasilitasi pelapukan batuan induk. Penelitian menunjukkan bahwa sistem agroforestri dapat meningkatkan kadar karbon organik tanah hingga 20-40 persen dibandingkan dengan pertanian konvensional (Sharma et al., 2025). Kedua, pala dapat ditanam di lahan marginal atau degraded yang tidak cocok untuk pertanian intensif, sehingga memaksimalkan pemanfaatan lahan tanpa perlu membuka hutan primer. Ketiga, kombinasi pala dengan tanaman lain dalam sistem agroforestri meningkatkan diversifikasi penggunaan lahan dan mengurangi risiko kegagalan panen karena

penyebaran risiko di antara berbagai komoditas. Keempat, pengelolaan pala dalam sistem agroforestri memerlukan input pupuk sintetis yang lebih rendah karena pala dan tanaman lainnya dalam sistem dapat memenuhi kebutuhan hara melalui mekanisme alami seperti fiksasi nitrogen dan daur hara.

## **6.2 Pala dalam Mitigasi Bencana**

### **6.2.1 Longsor**

Longsor merupakan salah satu bencana alam yang paling merusak di wilayah-wilayah berbukit dan pegunungan, sering kali terjadi karena kombinasi faktor-faktor seperti lereng yang curam, curah hujan tinggi, dan kekurangan vegetasi. Pohon pala dapat memainkan peran penting dalam mitigasi bencana longsor melalui stabilisasi lereng yang telah dijelaskan sebelumnya. Selain itu, sistem akar pala yang dalam juga meningkatkan permeabilitas tanah dan mengurangi tekanan air pori, yang merupakan faktor penting dalam terjadinya longsor (Hossain et al., 2025). Penelitian di berbagai wilayah pegunungan menunjukkan bahwa lahan yang ditanami dengan pohon dalam sistem agroforestri memiliki risiko longsor yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan lahan yang terbuka atau hanya ditanami dengan rumput. Implementasi agroforestri berbasis pala di daerah-daerah rawan longsor telah terbukti mengurangi frekuensi dan dampak longsor, sehingga memberikan perlindungan kepada masyarakat yang tinggal di lereng-lereng curam.

### **6.2.2 Degradasi Lahan**

Degradasi lahan adalah proses penurunan kapasitas lahan untuk mendukung kehidupan dan aktivitas manusia, yang dapat disebabkan oleh erosi, pemadatan, salinisasi, kontaminasi, atau kehilangan vegetasi. Pala dalam sistem agroforestri berkontribusi terhadap pencegahan dan pemulihan degradasi lahan melalui berbagai mekanisme. Pertama, pala meningkatkan penutupan lahan (*land cover*) dan mengurangi kemungkinan erosi dan pemadatan tanah. Kedua, serasah pala yang terus-menerus gugur meningkatkan input bahan organik ke tanah, yang meningkatkan kadar karbon organik tanah dan memperbaiki struktur tanah (Gemechu, 2025). Penelitian menunjukkan bahwa lahan yang terdegradasi dapat dipulihkan melalui penanaman sistem agroforestri dengan peningkatan kadar karbon organik tanah hingga 30-50 persen dalam jangka waktu 5-10 tahun. Ketiga, pala dalam sistem agroforestri mengurangi ketergantungan pada pupuk sintetis karena daur hara alami yang meningkat, sehingga mengurangi risiko kontaminasi tanah oleh pupuk kimia. Dengan demikian, pala memiliki peran strategis dalam menghentikan dan memulihkan lahan-lahan yang telah mengalami degradasi.

### **6.2.3 Perubahan Iklim**

Perubahan iklim merupakan tantangan global yang memerlukan tindakan mitigasi dan adaptasi di berbagai sektor, termasuk pertanian dan kehutanan. Pohon pala berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim melalui mekanisme penyerapan karbon dioksida dari atmosfer. Pohon pala mengalami pertumbuhan

yang cepat dan memiliki masa hidup yang panjang (dapat hidup lebih dari 50 tahun), sehingga dapat menimbun jumlah karbon yang signifikan dalam biomass dan tanah. Penelitian menunjukkan bahwa sistem agroforestri berbasis pohon-pohon seperti pala dapat mensekuestrasi karbon sebesar 10-30 ton CO<sub>2</sub> per hektar per tahun, dengan total stok karbon di atas tanah dan di bawah tanah mencapai 50-150 ton per hektar (Khan & Khan, 2024). Selain menyerap karbon, sistem agroforestri berbasis pala juga mengurangi emisi gas rumah kaca lainnya seperti metana dan dioksida nitrogen melalui peningkatan aerasi tanah dan pengurangan penggunaan pupuk sintetis.

#### **6.2.4 Adaptasi Lingkungan**

Adaptasi lingkungan terhadap perubahan iklim memerlukan perubahan dalam praktik pengelolaan lahan dan pertanian untuk meningkatkan resiliensi sistem pertanian. Pala dalam sistem agroforestri memberikan adaptasi lingkungan yang penting karena pohon pala dapat bertahan terhadap berbagai kondisi iklim dan membantu sistem pertanian menjadi lebih tahan terhadap kondisi ekstrim seperti kekeringan dan banjir. Pohon pala meningkatkan retensi air tanah dan mengurangi evaporasi melalui efek perlindungan dari kanopi, sehingga tanah tetap lembab bahkan pada musim kering (Gemechu, 2025). Selain itu, sistem agroforestri berbasis pala meningkatkan kualitas udara lokal melalui penyerapan polutan dan pelepasan oksigen, serta menyediakan habitat untuk berbagai spesies flora dan fauna yang penting untuk fungsi ekosistem. Kombinasi dari adaptasi hidrologi, iklim mikro, dan

biodiversitas ini membuat pala menjadi komponen penting dalam strategi adaptasi lingkungan terhadap perubahan iklim.

## **6.3 Agroforestri Berbasis Pala**

### **6.3.1 Integrasi Tanaman**

Integrasi tanaman dalam sistem agroforestri berbasis pala memungkinkan pemanfaatan lahan yang optimal dan peningkatan produktivitas sistem secara keseluruhan. Dalam sistem agroforestri berbasis pala, tanaman-tanaman lain dapat ditanam di antara pohon pala, baik tanaman perennial (tanaman jangka panjang) maupun tanaman tahunan. Tanaman perennial yang sering diintegrasikan dengan pala mencakup pohon buah-buahan (mangga, kelapa, kakao), pohon pencegah erosi (lamtoro, glirisidia), dan tanaman obat-obatan tradisional (Satish et al., 2024). Tanaman tahunan yang dapat diintegrasikan mencakup tanaman pangan (jagung, kacang-kacangan), tanaman sayuran, dan tanaman rempah-rempah lainnya. Integrasi tanaman ini dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan cahaya, air, dan hara masing-masing tanaman, serta kemampuan akar mereka dalam memanfaatkan kedalaman tanah yang berbeda. Dengan integrasi tanaman yang tepat, sistem agroforestri berbasis pala dapat menghasilkan beragam produk dengan nilai ekonomi tinggi sambil tetap menjaga kesehatan lingkungan.

### **6.3.2 Sistem Pertanian Berkelanjutan**

Sistem pertanian berkelanjutan adalah sistem yang dapat terus dipertahankan dalam jangka panjang tanpa menguras sumber daya alam atau merusak lingkungan. Agroforestri berbasis pala merupakan sistem pertanian berkelanjutan yang memenuhi kriteria ini karena menggabungkan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Dari aspek lingkungan, sistem ini meningkatkan kualitas tanah, mengurangi erosi, mengkonservasi air, dan meningkatkan biodiversitas. Dari aspek ekonomi, sistem ini memberikan produk beragam dengan nilai jual tinggi (pala, buah, kayu, pupuk organik) yang dapat menjamin pendapatan petani sepanjang tahun (Sharma et al., 2025). Dari aspek sosial, sistem ini memberikan lapangan kerja bagi masyarakat lokal dalam kegiatan pemeliharaan, panen, dan pengolahan hasil, serta meningkatkan kedaulatan pangan melalui produksi pangan lokal yang beragam. Implementasi sistem pertanian berkelanjutan berbasis pala telah terbukti meningkatkan kesejahteraan petani sambil menjaga kelestarian lingkungan.

### **6.3.3 Diversifikasi Tanaman**

Diversifikasi tanaman dalam agroforestri berbasis pala memiliki banyak keuntungan baik dari aspek ekonomi maupun lingkungan. Diversifikasi tanaman mengurangi risiko kegagalan panen karena jika satu tanaman gagal, masih ada tanaman lain yang dapat dipanen, sehingga mengurangi risiko finansial petani. Selain itu, diversifikasi tanaman meningkatkan ketahanan sistem pertanian terhadap serangan hama dan penyakit karena tidak ada satu spesies tanaman yang dominan yang dapat menjadi target utama

hama (Satish et al., 2024). Penelitian menunjukkan bahwa agroforestri yang beragam dapat mengurangi kehilangan panen akibat hama hingga 40-60 persen dibandingkan monokultur. Diversifikasi tanaman juga meningkatkan nutrisi tanah melalui variasi dari akar yang menggali pada kedalaman berbeda dan dari proses dekomposisi serasah tanaman yang berbeda, sehingga meningkatkan siklus hara dalam sistem. Dengan demikian, diversifikasi tanaman dalam agroforestri berbasis pala menciptakan sistem pertanian yang lebih stabil, produktif, dan resiliensi terhadap gangguan eksternal.

#### **6.3.4 Produktivitas Lahan**

Produktivitas lahan dalam agroforestri berbasis pala mengacu pada jumlah dan nilai output yang dapat dihasilkan per unit luas lahan per unit waktu. Sistem agroforestri berbasis pala telah terbukti meningkatkan produktivitas lahan dibandingkan dengan monokultur atau pertanian konvensional. Penelitian menunjukkan bahwa agroforestri dapat meningkatkan produktivitas lahan hingga 30-50 persen dalam bentuk nilai uang setara (*monetary equivalent*) dibandingkan dengan pertanian konvensional (Khan & Khan, 2024). Peningkatan produktivitas ini dicapai melalui penggunaan lahan yang lebih efisien dengan memanfaatkan stratifikasi vertikal (pohon tinggi, pohon menengah, tanaman bawah tanah), peningkatan kualitas tanah dan kesuburan tanah, serta pengurangan kebutuhan input eksternal seperti pupuk dan pestisida. Selain itu, produktivitas lahan juga meningkat karena sistem agroforestri menghasilkan produk yang lebih beragam dan bernilai ekonomi tinggi, termasuk

pala, buah-buahan, kayu, bahan bakar, dan hasil-hasil sampingan lainnya yang dapat memberikan penghasilan tambahan kepada petani.

## **6.4 Ketahanan Ekologis**

### **6.4.1 Keanekaragaman Hayati**

Keanekaragaman hayati atau biodiversitas adalah variasi kehidupan dalam semua bentuknya, dari gen hingga spesies hingga ekosistem. Sistem agroforestri berbasis pala berkontribusi signifikan terhadap peningkatan keanekaragaman hayati baik flora maupun fauna. Pohon pala, dengan struktur kanopi dan sistem perakarannya yang kompleks, menyediakan habitat yang beragam untuk berbagai spesies tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Penelitian menunjukkan bahwa sistem agroforestri dapat meningkatkan keanekaragaman spesies hingga 50 persen dibandingkan dengan pertanian konvensional (Sharma et al., 2025). Tanaman-tanaman yang diintegrasikan dengan pala juga meningkatkan keragaman sumber pangan dan habitat bagi hewan-hewan penting seperti polinator (lebah, kupu-kupu), predator alami hama (burung, kumbang), dan organisme tanah yang penting untuk fungsi ekosistem. Selain itu, serasah yang berlimpah dari sistem agroforestri berbasis pala menyediakan habitat dan sumber energi bagi dekomposer dan organisme tanah lainnya yang penting untuk siklus hara dan kesehatan tanah.

### **6.4.2 Fungsi Ekosistem**

Fungsi ekosistem mengacu pada proses-proses ekologis dan layanan lingkungan yang dihasilkan oleh ekosistem, termasuk siklus hara, aliran energi, regulasi iklim, purifikasi air, dan stabilisasi tanah. Sistem agroforestri berbasis pala memfasilitasi berbagai fungsi ekosistem melalui struktur dan komposisi yang kompleks. Pertama, siklus hara dipercepat dan diperkaya melalui input dari berbagai sumber: fiksasi nitrogen oleh bakteri dalam akar pohon leguminosa, pelapukan serasah dari pohon pala dan tanaman lainnya, dan kegiatan organisme tanah. Kedua, aliran energi dalam sistem lebih efisien karena tanaman-tanaman yang beragam dapat memanfaatkan energi cahaya dengan lebih sempurna melalui stratifikasi vertikal dari kanopi (Satish et al., 2024). Ketiga, regulasi iklim lokal ditingkatkan melalui penyerapan karbon, pelepasan air melalui transpirasi yang meningkatkan kelembaban udara, dan pengurangan suhu ekstrim melalui efek naungan dari kanopi. Keempat, purifikasi air ditingkatkan melalui infiltrasi dan filtrasi air dalam profil tanah yang ditingkatkan oleh struktur akar yang baik. Kelima, stabilisasi tanah dan pencegahan erosi memastikan bahwa fungsi-fungsi lainnya dapat terus berlanjut tanpa gangguan dari erosi dan degradasi tanah.

### **6.4.3 Resiliensi Lingkungan**

Resiliensi lingkungan adalah kapasitas sistem lingkungan untuk kembali ke kondisi sebelumnya setelah mengalami gangguan atau stres eksternal. Sistem agroforestri berbasis pala meningkatkan resiliensi lingkungan melalui beberapa mekanisme. Pertama,

diversifikasi tanaman meningkatkan stabilitas sistem terhadap fluktuasi alam atau serangan hama dan penyakit yang tidak terduga. Kedua, peningkatan kadar karbon organik tanah meningkatkan kapasitas tanah untuk menahan air dan hara, sehingga meningkatkan ketahanan sistem terhadap kekeringan dan nutrisi yang terbatas (Hossain et al., 2025). Ketiga, peningkatan keanekaragaman hayati memastikan bahwa jika satu spesies atau fungsi ekologis terganggu, spesies dan fungsi lainnya dapat mengambil alih perannya, sehingga menjaga kelangsungan fungsi ekosistem. Keempat, peningkatan infiltrasi air dan retensi air dalam tanah meningkatkan ketahanan sistem terhadap banjir dan kekeringan yang ekstrim. Dengan demikian, sistem agroforestri berbasis pala menciptakan lingkungan yang lebih resiliensi terhadap berbagai ancaman lingkungan baik alam maupun buatan.

#### **6.4.4 Strategi Konservasi**

Strategi konservasi dalam konteks agroforestri berbasis pala mengacu pada upaya-upaya untuk melindungi, mempertahankan, dan merestorasi fungsi-fungsi ekologis dan sumber daya alam di dalam sistem. Salah satu strategi konservasi adalah pemeliharaan dan peningkatan tutupan vegetasi melalui penanaman pohon-pohon baru, terutama pohon-pohon asli yang memiliki nilai ekologis tinggi. Strategi kedua adalah manajemen serasah dan bahan organik untuk memaksimalkan input bahan organik ke tanah sambil menghindari penggumpalan serasah yang dapat membentuk lapisan impermeabel (Gemechu, 2025). Strategi ketiga adalah pengendalian hama dan penyakit yang terpadu dengan meminimalkan penggunaan

pestisida sintetis dan memanfaatkan predator alami dan musuh alami hama. Strategi keempat adalah konservasi tanah melalui pengendalian erosi, perbaikan struktur tanah, dan peningkatan kapasitas infiltrasi tanah. Strategi kelima adalah konservasi air melalui peningkatan retensi air dalam tanah dan pengurangan evaporasi dari permukaan tanah. Strategi keenam adalah konservasi biodiversitas melalui pemeliharaan habitat alami dan peningkatan keanekaragaman spesies dalam sistem agroforestri. Implementasi strategi-strategi konservasi ini secara terintegrasi akan memastikan bahwa sistem agroforestri berbasis pala dapat memberikan manfaat lingkungan yang berkelanjutan dalam jangka panjang.

## **6.5 Teknik Penanaman dan Pemeliharaan Pohon Pala**

Lahan dan Agroklimat Faktor lahan berperan penting dalam meningkatkan produktivitas pala. Tanaman pala membutuhkan tanah yang subur dan gembur, terutama tanah vulkanik, tanah miring, atau tanah dengan drainase yang baik.

### **Benih**

Kriteria benih pala unggul meliputi: Buah dipanen saat sudah matang sempurna Biji segar berwarna coklat tua mengkilap Biji pala berbobot minimal 50 gram per biji. Bebas hama dan penyakit.

### **Persiapan Lahan**

- a) Idealnya, pohon peneduh harus tumbuh subur dengan jarak tanam 20 x 20 meter.

- b) Siapkan lubang tanam untuk tanaman pala dengan jarak tanam 8 x 8 meter atau 7 x 7 meter.
- c) Isi lubang tanam dengan campuran tanah dan pupuk kandang matang.

### **Pembuatan Lubang Tanam**

Pembuatan lubang tanam dibuat dengan dimensi 60 cm x 60 cm x 60 cm. Lapisan tanah atas dan bawah dipisahkan terlebih dahulu. Lubang dibiarkan terbuka selama dua hingga empat minggu, kemudian tanah dikembalikan ke kondisi semula. Lapisan tanah bawah diletakkan kembali di dasar lubang, sementara lapisan atas yang telah dicampur dengan pupuk kandang dikembalikan ke atas. Penanaman dapat dimulai dua atau tiga minggu setelahnya

### **Penanaman**

Benih yang akan ditanam telah berumur 1,5 sampai 2,0 tahun dalam polybag, berkualitas baik dan menunjukkan ciri-ciri pohon betina, seperti berbentuk piramida, percabangan terdiri dari 2 sampai 4 per tangga dan saling berhadapan, serta tinggi tanaman sekitar 75 sampai 100 cm. Dalam pola tanam, untuk setiap sepuluh pohon betina, satu pohon jantan diletakkan di tengah. Waktu penanaman yang ideal adalah pada awal musim hujan. Cara penanaman dilakukan dengan membuat lubang kecil di tengah lubang tanam utama, yang ukurannya sesuai dengan polybag benih.

Polybag kemudian dipotong secara hati-hati dari atas ke bawah menggunakan pisau, pastikan akar dan tanah di dalamnya tidak rusak, kemudian benih ditanam hingga leher batang tertutup tanah, dan tanah di sekitarnya diratakan kembali. Segera setelah

penanaman, tanaman disiram. Penyiraman dilakukan 2 sampai 3 kali sehari jika tidak ada hujan, hingga tanaman cukup kuat.

### **Penyulaman**

Penanaman kembali dilakukan pada tanaman yang mati atau mengalami hambatan pertumbuhan.

### **Penyiangan**

Setelah tanaman pala mencapai umur 2-3 bulan, dilakukan penyiangan terhadap rumput dan gulma lain yang tumbuh di sekitarnya.

### **Pemangkasan**

Pemangkasan dilakukan pada tanaman pala sejak muda, dengan tujuan untuk mengurangi kelembaban di sekitar areal tanam dan mencegah penyebaran hama dan penyakit.

### **Pemupukan**

Pemupukan mengacu pada proses pemberian atau penambahan bahan dan zat tertentu pada tanaman atau tanah untuk memenuhi kebutuhan nutrisi atau kekurangan nutrisi. Dengan pemberian pupuk yang tepat untuk tanaman pala, kebutuhan nutrisi tanaman dapat terpenuhi secara optimal. Namun, pemupukan yang tidak tepat dapat menyebabkan kerugian, seperti pemborosan pupuk, kegagalan mencapai target, serta penurunan efisiensi dan kualitas (Nurlina Umawaitina dkk., 2019). Pupuk lengkap yang mengandung nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) diberikan mulai saat tanaman berumur satu tahun.

## **Pengendalian Hama dan Penyakit**

Pengendalian hama mengacu pada proses mengurangi populasi hama ke tingkat yang tidak lagi mengancam petani. Tanaman pala rentan terhadap berbagai jenis hama dan penyakit yang menyerang bagian daun, batang, bunga, maupun buah. Beberapa jenis hama yang sering menyerang tanaman pala antara lain penggerek batang, kutu daun, dan ulat pemakan daun. Hama penggerek batang biasanya menyerang tanaman pala yang sudah berumur lebih dari lima tahun dengan cara membuat lubang pada batang sehingga mengganggu aliran nutrisi dalam tanaman. Akibatnya, tanaman menjadi layu dan pertumbuhannya terhambat.

Selain itu, kutu daun juga sering ditemukan pada bagian daun muda. Hama ini mengisap cairan sel tanaman sehingga menyebabkan daun menjadi keriting dan pertumbuhan tanaman terganggu. Sementara itu, ulat pemakan daun dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan daun sehingga mengurangi kemampuan fotosintesis tanaman.

Metode yang dapat diterapkan meliputi penggunaan pestisida, agen hayati, dan berbagai pendekatan lain untuk menekan populasi hama. Oleh karena itu, pengendalian hama bukan bertujuan untuk menghilangkan hama sepenuhnya, melainkan mengelola populasi hama dengan cara yang menjaga keseimbangan ekosistem pertanian dan mencegah kerugian ekonomi akibat penurunan hasil panen.

Pengendalian hama dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain:

1. Pengendalian secara mekanis, yaitu dengan memotong bagian tanaman yang terserang hama.
2. Pengendalian secara biologis, yaitu dengan memanfaatkan musuh alami seperti predator serangga.
3. Pengendalian secara kimia, yaitu menggunakan pestisida dengan dosis yang sesuai.

#### A. Pengendalian Hama

1. Hama yang sering merusak pala antara lain *Oryzaephilus mercator* faufel dan *Areacerus fasciculus*. Hama lainnya antara lain *Batocera hercules* yang menyerang batang pala, dan *Dacynus* sp. yang menyerang buah pala.
2. Hama Penggerek, Penggerek batang dapat merusak pohon pala yang berusia ratusan tahun. Untuk mengendalikannya, Anda dapat menyumbat lubang dengan kayu, membuat lubang pada lubang tersebut, dan membunuh hama tersebut. Sebagai alternatif, Anda dapat menggunakan insektisida sistemik atau insektisida.
3. Hama Gudang, menyerang pala yang disimpan di gudang. Hama ini dapat dibasmi dengan fumigasi menggunakan fungisida.

#### B. Pengendalian Penyakit

1. Penyakit Yang Menyerang Tanaman Pala

Selain hama, tanaman pala juga rentan terhadap berbagai penyakit yang disebabkan oleh jamur, bakteri, maupun virus. Penyakit yang sering ditemukan pada tanaman pala antara lain penyakit busuk buah, bercak daun, dan busuk akar. Penyakit busuk buah biasanya disebabkan oleh jamur yang berkembang pada kondisi kelembapan tinggi. Gejala penyakit ini ditandai dengan munculnya bercak hitam pada permukaan buah yang lama-kelamaan membusuk dan tidak dapat dipanen. Penyakit bercak daun ditandai dengan munculnya bintik-bintik cokelat pada permukaan daun. Jika tidak ditangani dengan baik, penyakit ini dapat menyebabkan daun mengering dan rontok sehingga mengurangi kemampuan tanaman dalam melakukan fotosintesis. Sementara itu, penyakit busuk akar sering terjadi pada lahan yang memiliki drainase buruk. Tanaman yang terserang penyakit ini biasanya menunjukkan gejala layu meskipun kondisi tanah cukup lembap.

## 2. Penyakit Busuk Kering

Penyakit ini terjadi karena adanya jamur *Stigmina myrtaceae* yang menginfeksi buah

pala yang telah berumur 5 hingga 6 bulan. Untuk mengatasi penyakit tersebut dapat dilakukan dengan pemberantasan menggunakan fungisida.

### 3. Penyakit Busuk Basah

Penyebab penyakit ini adalah jamur *Colletotrichum gloesporioides* Penzig, yang menyerang buah pala. Pencegahannya dapat dilakukan dengan menghilangkan sumber inokulum, mengurangi kelembaban dan melindungi buah dengan menyemprotkan fungisida.

### 4. Penyakit Busuk Layu Bibit

Penyakit ini menyerang benih tanaman pala dipembibitan. Pencegahannya dilakukan dengan menyemprotkan fungisida secara teratur sebulan sekali, bibit yang terserang segera dibuang/eradikasi.

Upaya pencegahan penyakit pada tanaman pala dapat dilakukan dengan cara menjaga kebersihan kebun, melakukan pemangkasan secara rutin, serta memastikan sistem drainase lahan berfungsi dengan baik.

## **Panen dan Pasca Panen**

Panen Tanaman pala mulai menghasilkan buah pada usia 5 hingga 7 tahun dan bisa memproduksi hingga mencapai usia 200 tahun. Dalam setahun, buah pala dapat dipanen sebanyak dua kali.

Buah dipanen ketika sudah cukup matang, yaitu setelah berusia 9 hingga 10 bulan sejak bunga mekar. Tanda-tanda bahwa buah telah matang adalah kulitnya yang berwarna kusam, tidak mengilap, berupa tekstur seperti beludru dengan warna merah kekuningan, buahnya berwarna merah tua, dan tempurung bijinya mengilap serta berwarna coklat tua. Pemanenan dilakukan dengan cara memetik langsung atau menggunakan alat berupa batang kayu yang ujungnya dilengkapi keranjang. Jika buah pala digunakan untuk penyulingan, maka buah dipanen ketika masih muda, yaitu usia sekitar 4 hingga 7 bulan karena kandungan minyak atsirinya masih tinggi.

### **Pasca Panen**

Tahap pascapanen merupakan bagian penting dalam rantai produksi pala karena berpengaruh langsung terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Penanganan pascapanen yang baik dapat meningkatkan nilai jual pala sekaligus memperpanjang masa simpan produk. Proses pascapanen buah pala meliputi beberapa tahapan, yaitu:

1. Pemanenan buah pala
2. Pemisahan bagian buah
3. Pengeringan
4. Penyimpanan

Buah pala terdiri dari daging buah (pericarp) dan biji, yang terbagi lagi menjadi fuli, tempurung, dan daging biji. Fuli merupakan serabut tipis (areolus) berwarna merah atau kuning muda, berbentuk seperti lapisan tipis yang berlubang dan terletak antara daging buah dengan biji. Dari buah pala yang masih segar,

komposisinya adalah sebagai berikut: daging buah 83,3%, fuli 3,22%, tempurung biji 3,94%, dan daging biji 9,54%. Setelah buah dipetik, langsung dibelah dan dipisahkan antara daging buah, biji, serta fulinya. Biji dan fuli yang telah dipisahkan kemudian dikeringkan sebelum dilanjutkan dengan proses pengolahan lebih lanjut. Pengeringan gelondong dilakukan selama 6 hari, kemudian gelondong dipisahkan untuk memisahkan kulitnya dari daging biji.

Pengeringan daging biji dilakukan dengan cara menjemur biji di bawah sinar matahari yang tidak terlalu panas, menggunakan alas berupa tikar atau lantai semen. Pengeringan fuli dilakukan dengan bantuan sinar matahari. Setelah fuli setengah kering, bentuknya dipipihkan menggunakan alat penggilingan. Setelah itu, fuli dijemur kembali hingga kadar airnya tersisa antara 10-12%. Proses penjemuran ini memakan waktu sekitar 2-3 hari dengan suhu rendah, kurang dari 60°C.

# Bab 7: Pemberdayaan dan Ekonomi Pala

---

Pala (*Myristica fragrans* Houtt) merupakan komoditas pertanian yang bernilai tinggi dan memiliki potensi besar dalam pengembangan ekonomi lokal, khususnya di daerah-daerah penghasil pala seperti Aceh. Sebagai salah satu tanaman rempah unggulan, pala dapat menjadi penggerak ekonomi yang signifikan melalui pengembangan usaha kecil dan menengah, penciptaan lapangan kerja, dan peningkatan nilai tambah produk. Pemberdayaan masyarakat yang berbasis pada komoditas pala memerlukan pendekatan yang komprehensif, mencakup model pemberdayaan yang efektif, strategi pemasaran yang tepat, dan analisis mendalam tentang rantai nilai untuk memaksimalkan keuntungan semua aktor yang terlibat. Bab ini menguraikan secara terperinci tentang aspek-aspek ekonomi dan pemberdayaan berbasis pala, mulai dari peran pala sebagai penggerak ekonomi hingga analisis kompleks rantai nilainya.

## 7.1 Pala sebagai Penggerak Ekonomi

Pala memiliki potensi yang besar untuk menjadi penggerak utama dalam pengembangan ekonomi lokal dan regional, terutama di wilayah-wilayah penghasil pala.

### **7.1.1 UMKM Berbasis Pala**

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) berbasis pala telah berkembang pesat di berbagai daerah penghasil pala, mengolah pala menjadi berbagai produk turunan yang bernilai tambah tinggi. Di Tapaktuan, Aceh Selatan, sejumlah UMKM telah mengembangkan pala menjadi produk snack yang inovatif seperti pala manisan, pala keripik, dan produk olahan lainnya yang menarik minat konsumen baik lokal maupun nasional (Pala et al., 2023). Keterlibatan kelompok usaha dan koperasi dalam pengolahan pala snack menunjukkan bahwa model bisnis bersama dapat meningkatkan efisiensi produksi dan memperluas jangkauan pasar. Pelaku UMKM pala snack menghadapi berbagai tantangan, mulai dari keterbatasan modal, kurangnya pengetahuan tentang standar kualitas, hingga keterbatasan akses ke pasar yang lebih luas. Namun, dengan dukungan yang tepat dalam bentuk pelatihan, pendampingan, dan akses ke pasar, UMKM pala dapat berkembang dan memberikan kontribusi signifikan terhadap ekonomi lokal.

### **7.1.2 Industri Lokal**

Industri pengolahan pala di tingkat lokal telah menjadi pilar penting dalam ekonomi komunitas penghasil pala. Industri ini mencakup berbagai tahapan mulai dari pengeringan pala, ekstraksi minyak atsiri, pembuatan produk makanan, hingga produk kosmetik dan aromaterapi. Pengembangan industri lokal yang berkelanjutan memerlukan upaya koordinasi antara produsen pala, pengolah, distributor, dan konsumen untuk menciptakan ekosistem bisnis yang sehat dan menguntungkan semua pihak. Kehadiran industri pala

lokal tidak hanya memberikan nilai ekonomi melalui penciptaan produk yang bernilai tinggi, tetapi juga mempertahankan praktik-praktik tradisional yang merupakan bagian dari warisan budaya lokal. Diversifikasi produk pala yang dihasilkan oleh industri lokal menunjukkan potensi yang besar untuk ekspansi ke pasar yang lebih luas.

### **7.1.3 Lapangan Kerja**

Pembangunan UMKM dan industri pala menciptakan lapangan kerja yang signifikan bagi masyarakat lokal, baik dalam tahap produksi, pengolahan, pemasaran, maupun distribusi. Lapangan kerja yang tercipta mencakup berbagai jenis pekerjaan dengan tingkat keahlian yang beragam, dari pengumpulan dan pengeringan pala, pengoperasian mesin pengolahan, hingga pemasaran dan penjualan produk. Penciptaan lapangan kerja ini sangat penting untuk mengurangi pengangguran dan meningkatkan pendapatan masyarakat lokal, terutama bagi kelompok masyarakat yang kurang memiliki akses ke pendidikan formal yang tinggi. Kesempatan kerja dalam sektor pala juga memberikan pelatihan praktis kepada masyarakat tentang berbagai aspek bisnis, dari manajemen produksi hingga pemasaran dan manajemen keuangan.

### **7.1.4 Nilai Tambah Produk**

Penciptaan nilai tambah produk pala merupakan strategi fundamental untuk meningkatkan profitabilitas dan daya saing produk pala di pasar. Transformasi pala dari bahan baku menjadi produk jadi seperti snack, minyak atsiri, kosmetik, atau suplemen kesehatan menghasilkan peningkatan nilai yang signifikan. Data dari

berbagai UMKM pala menunjukkan bahwa harga penjualan pala snack mencapai Rp 4.000-5.000 per kemasan, sedangkan nilai bahan baku pala hanya berkisar Rp 1.000-2.000 per unit, menunjukkan margin keuntungan yang substansial melalui pengolahan dan pengemasan yang tepat (Pala et al., 2023). Strategi penciptaan nilai tambah mencakup inovasi produk, peningkatan kualitas, pengemasan yang menarik, dan strategi pemasaran yang efektif untuk memposisikan produk pala di segmen pasar yang lebih menguntungkan.

## **7.2 Model Pemberdayaan Masyarakat**

Model pemberdayaan masyarakat berbasis pala harus dirancang secara holistik untuk memastikan keberlanjutan dan dampak jangka panjang.

### **7.2.1 Pendekatan Berbasis Komunitas**

Pendekatan berbasis komunitas dalam pemberdayaan pala menekankan pentingnya partisipasi aktif masyarakat dalam perencanaan, implementasi, dan evaluasi program pemberdayaan. Model ini mengakui bahwa masyarakat lokal memiliki pengetahuan mendalam tentang kondisi lokal dan memiliki potensi untuk menjadi agen perubahan utama dalam pengembangan ekonomi komunitas mereka. Pendekatan berbasis komunitas melibatkan identifikasi kebutuhan nyata masyarakat, pendefinisian bersama tentang tujuan pemberdayaan, dan co-creation dari solusi yang sesuai dengan konteks lokal. Implementasi model ini dalam pemberdayaan UMKM

pala menunjukkan bahwa melibatkan kelompok usaha sejak awal dalam perencanaan program meningkatkan relevansi program dan tingkat adopsi dari intervensi yang dilakukan.

### **7.2.2 Transfer Teknologi**

Transfer teknologi merupakan komponen penting dalam pemberdayaan UMKM pala untuk meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas produk. Transfer teknologi mencakup berbagai aspek mulai dari teknologi pengolahan pala, mesin-mesin produksi yang lebih efisien, hingga teknologi pengemasan yang lebih modern. Program transfer teknologi yang efektif memerlukan tidak hanya penyediaan peralatan, tetapi juga pelatihan yang komprehensif kepada operator tentang cara mengoperasikan dan memelihara peralatan tersebut. Pendampingan teknis berkelanjutan juga penting untuk memastikan bahwa teknologi yang ditransfer dapat digunakan secara optimal dan berkelanjutan oleh UMKM.

### **7.2.3 Pelatihan dan Pendampingan**

Pelatihan dan pendampingan merupakan pilar utama dalam program pemberdayaan UMKM pala. Pelatihan yang disediakan harus mencakup berbagai topik yang relevan dengan kebutuhan UMKM, mulai dari manajemen produksi, kontrol kualitas, hingga pemasaran digital dan branding produk. Program pendampingan yang intensif dan berkelanjutan memberikan dukungan hands-on kepada pelaku UMKM dalam mengimplementasikan pengetahuan dan keterampilan yang telah diperoleh melalui pelatihan. Pengalaman dari berbagai program pemberdayaan UMKM menunjukkan bahwa kombinasi antara pelatihan teoretis dan

pendampingan praktis menghasilkan tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dalam adopsi inovasi dan peningkatan kinerja bisnis.

#### **7.2.4 Keberlanjutan Program**

Keberlanjutan program pemberdayaan merupakan aspek kritis yang sering terlupakan dalam desain program-program pemberdayaan. Keberlanjutan program memerlukan bahwa dampak positif dari program tetap berlanjut bahkan setelah program formal berakhir. Untuk memastikan keberlanjutan, program pemberdayaan harus dirancang untuk membangun kapasitas lokal yang mandiri, menciptakan jaringan kerjasama antar UMKM yang kuat, dan mengintegrasikan elemen-elemen keberlanjutan ke dalam desain program sejak awal. Keterlibatan pemerintah lokal dan lembaga-lembaga lokal lainnya dalam program pemberdayaan juga penting untuk memastikan bahwa program mendapat dukungan institusional yang berkelanjutan.

### **7.3 Strategi Pemasaran Produk**

Strategi pemasaran yang efektif merupakan kunci kesuksesan dalam meningkatkan penjualan dan daya saing produk pala di pasar yang semakin kompetitif.

#### **7.3.1 Branding Produk**

Branding produk pala memerlukan identifikasi yang jelas tentang unique selling proposition (USP) dari produk pala dan positioning yang tepat di benak konsumen. Branding yang kuat mencakup penciptaan logo yang menarik, desain kemasan yang

profesional, dan komunikasi yang konsisten tentang nilai-nilai produk di berbagai saluran pemasaran. Penelitian menunjukkan bahwa pelatihan dan pendampingan dalam strategi branding dan desain kemasan dapat meningkatkan penjualan produk pertanian rata-rata 25-30 persen dalam waktu singkat (Fitriani & Rochmayant, 2026). Branding yang efektif juga melibatkan membangun narasi produk yang kuat yang menghubungkan nilai-nilai tradisional, kualitas produk, dan manfaat kesehatan pala dengan aspirasi dan nilai-nilai konsumen modern.

### **7.3.2 Digital Marketing**

Digital marketing telah menjadi saluran pemasaran yang sangat penting untuk menjangkau konsumen yang lebih luas dan meningkatkan visibilitas produk pala. Strategi digital marketing untuk produk pala harus mencakup penggunaan platform media sosial seperti Instagram, Facebook, dan TikTok untuk membangun engagement dengan konsumen, content marketing yang menarik untuk meningkatkan awareness tentang produk, dan e-commerce optimization untuk meningkatkan penjualan online. Program pelatihan digital marketing yang efektif telah menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam kemampuan pelaku UMKM untuk mengelola akun bisnis digital, membuat konten promosi yang menarik, dan menggunakan berbagai platform media sosial secara strategis (Silfiani et al., 2026). Investasi dalam digital marketing juga memerlukan pemahaman tentang algoritma platform media sosial dan tren konsumsi konten yang sedang berkembang untuk memastikan efektivitas kampanye pemasaran.

### **7.3.3 Packaging**

Packaging yang menarik dan berkualitas tinggi merupakan elemen krusial dalam strategi pemasaran produk pala karena berfungsi sebagai komunikasi pertama antara produk dan konsumen. Desain packaging yang baik harus mempertimbangkan aspek estetika, fungsionalitas, dan komunikasi pesan produk yang jelas. Penggunaan bahan packaging yang ramah lingkungan juga semakin penting mengingat meningkatnya kesadaran konsumen tentang sustainability. Program pendampingan dalam inovasi packaging telah menunjukkan bahwa peningkatan kualitas dan daya tarik packaging dapat meningkatkan persepsi konsumen tentang nilai produk dan mendorong pembelian berulang.

### **7.3.4 Distribusi**

Strategi distribusi yang efektif memerlukan analisis mendalam tentang saluran distribusi yang paling sesuai untuk produk pala, baik melalui saluran tradisional seperti toko retail maupun saluran modern seperti marketplace online dan e-commerce. Optimization dari supply chain dan logistics dapat mengurangi biaya distribusi dan memastikan produk sampai ke konsumen dalam kondisi optimal. Kolaborasi antara UMKM pala dalam menciptakan sistem distribusi bersama dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi cost per unit untuk setiap UMKM individual.

## **7.4 Analisis Rantai Nilai**

Analisis rantai nilai merupakan alat penting untuk memahami bagaimana nilai diciptakan dan didistribusikan di sepanjang rantai pasokan produk pala.

### **7.4.1 Hulu ke Hilir**

Rantai nilai pala dimulai dari hulu dengan petani pala sebagai produsen bahan baku, dilanjutkan ke pengumpul/trader yang melakukan pengeringan dan penyortiran, kemudian ke pengolah yang mengubah pala menjadi produk turunan bernilai tambah, dan berakhir di hilir dengan distributor dan retail yang menyampaikan produk kepada konsumen akhir. Setiap tahap dalam rantai nilai menambahkan nilai kepada produk melalui berbagai aktivitas. Analisis komprehensif terhadap rantai nilai komersial menunjukkan bahwa value addition yang signifikan terjadi pada tahap pengolahan dan pemasaran, di mana nilai produk dapat meningkat hingga 200-300 persen dibandingkan dengan nilai bahan baku (Medalla et al., 2026). Pemahaman mendalam tentang setiap tahap rantai nilai memungkinkan identifikasi peluang untuk optimization dan peningkatan efisiensi.

### **7.4.2 Aktor Rantai Nilai**

Aktor-aktor yang terlibat dalam rantai nilai pala mencakup petani pala, pengumpul, pengolah, distributor, retailer, dan konsumen akhir. Setiap aktor memiliki peran dan kepentingan yang berbeda dalam rantai nilai. Petani pala berkepentingan untuk mendapatkan harga yang adil untuk pala yang mereka produksi,

pengolah berkepentingan untuk memiliki akses yang stabil terhadap bahan baku berkualitas dengan harga yang kompetitif, distributor berkepentingan untuk memiliki produk yang menarik konsumen dengan margin keuntungan yang memadai, dan konsumen akhir berkepentingan untuk mendapatkan produk berkualitas dengan harga yang terjangkau. Menciptakan mekanisme yang memastikan kepentingan semua aktor terpenuhi merupakan kunci untuk menciptakan rantai nilai yang sehat dan berkelanjutan.

### **7.4.3 Margin Keuntungan**

Analisis margin keuntungan di berbagai tahap rantai nilai menunjukkan distribusi nilai yang tidak merata di antara aktor-aktor dalam rantai. Petani pala sering menerima margin keuntungan yang paling kecil karena posisi mereka yang lemah dalam negosiasi dengan pengumpul, sedangkan pengolah dan distributor mendapatkan margin yang lebih besar melalui proses value addition dan pemasaran yang efektif. Data dari UMKM pala snack menunjukkan bahwa untuk harga akhir penjualan Rp 5.000 per kemasan, petani pala menerima sekitar 15-20 persen dari harga akhir, pengumpul/pengolah menerima 50-60 persen, dan distributor/retailer menerima sisanya (Pala et al., 2023). Struktur margin yang tidak seimbang ini mengindikasikan kebutuhan untuk mekanisme yang dapat meningkatkan bargaining power petani pala dan memastikan distribusi nilai yang lebih adil di sepanjang rantai nilai.

#### **7.4.4 Efisiensi Distribusi**

Efisiensi dalam sistem distribusi produk pala sangat penting untuk mengurangi cost distribusi dan meningkatkan competitiveness produk di pasar. Analisis terhadap rantai nilai kopi di berbagai region menunjukkan bahwa optimization dari sistem distribusi melalui pengurangan intermediaries, peningkatan transparansi harga, dan utilization dari teknologi informasi dapat meningkatkan efisiensi secara signifikan (Medalla et al., 2026). Dalam konteks pala, peningkatan efisiensi distribusi dapat dicapai melalui kolaborasi antar UMKM untuk menciptakan sistem distribusi bersama, utilization dari marketplace online untuk mengurangi intermediaries, dan implementasi dari sistem logistik yang lebih efisien. Peningkatan efisiensi distribusi tidak hanya mengurangi biaya tetapi juga dapat meningkatkan kecepatan distribusi dan memastikan produk sampai ke konsumen dalam kondisi yang optimal.

Pala memiliki potensi yang besar untuk menjadi penggerak ekonomi yang signifikan bagi masyarakat lokal, terutama melalui pengembangan UMKM yang berkelanjutan dan sistem pemasaran yang efektif. Model pemberdayaan yang berbasis komunitas, dengan kombinasi transfer teknologi, pelatihan, dan pendampingan yang intensif, telah terbukti efektif dalam meningkatkan kapasitas UMKM pala. Strategi pemasaran yang komprehensif mencakup branding yang kuat, pemanfaatan digital marketing, packaging yang inovatif, dan sistem distribusi yang efisien sangat penting untuk meningkatkan daya saing produk pala di pasar. Analisis mendalam

terhadap rantai nilai pala mengidentifikasi peluang untuk optimization dan peningkatan efisiensi yang dapat menguntungkan semua aktor dalam rantai nilai. Dengan strategi yang tepat dan dukungan yang berkelanjutan, pemberdayaan ekonomi berbasis pala dapat menciptakan dampak positif yang signifikan terhadap kesejahteraan ekonomi masyarakat lokal penghasil pala dan memberikan kontribusi yang berarti terhadap perekonomian regional dan nasional.

# Bab 8: Riset dan Inovasi Pala

---

Pala sebagai komoditas pertanian bernilai tinggi dan bahan dengan potensi farmakologis yang signifikan telah menarik perhatian komunitas peneliti global. Penelitian dan inovasi yang berkelanjutan tentang pala tidak hanya bertujuan untuk memahami sifat-sifat biologis dan kimia dari tanaman ini, tetapi juga untuk mengembangkan aplikasi-aplikasi baru yang dapat meningkatkan nilai tambah dan manfaat pala bagi masyarakat. Bab ini membahas lanskap penelitian ilmiah tentang pala, perkembangan bioteknologi untuk peningkatan genetik, aplikasi nanoteknologi dalam pengembangan produk, dan metodologi analisis kimia modern yang digunakan untuk karakterisasi senyawa-senyawa dalam pala.

## 8.1 Pala dalam Penelitian Ilmiah

Penelitian tentang pala telah berkembang secara signifikan dalam beberapa dekade terakhir, mencerminkan meningkatnya kesadaran tentang potensi pala sebagai sumber senyawa bioaktif dan aplikasinya dalam berbagai industri.

### 8.1.1 Tren Penelitian

Tren penelitian tentang pala menunjukkan peningkatan yang konsisten dalam jumlah publikasi dan keragaman topik penelitian. Pada awal abad ke-21, penelitian tentang pala sebagian besar berfokus pada karakterisasi senyawa-senyawa volatil dan

identifikasi komponen-komponen yang memberikan aroma dan rasa khas pala. Namun, dalam dekade terakhir, penelitian telah berkembang untuk mencakup investigasi tentang sifat-sifat farmakologis pala, mekanisme kerja senyawa-senyawa bioaktif, aplikasi dalam pengembangan produk fungsional, dan penggunaan teknologi-teknologi modern dalam peningkatan produksi dan pemrosesan pala (Das et al., 2023).

Tren penelitian terkini menunjukkan fokus yang meningkat pada pendekatan multidisiplin yang mengintegrasikan berbagai bidang ilmu, termasuk biokimia, farmakologi, teknologi pangan, bioteknologi, dan nanoteknologi. Penelitian juga semakin banyak menggunakan metodologi genomik dan proteomik untuk memahami sistem biologi pala secara menyeluruh. Kolaborasi internasional antara peneliti dari berbagai negara telah meningkat, memfasilitasi pertukaran pengetahuan dan sumber daya penelitian. Selain itu, terdapat peningkatan signifikan dalam jumlah paten yang terkait dengan aplikasi pala atau senyawa-senyawanya dalam industri farmasi, kosmetika, dan pangan (Das et al., 2023).

### **8.1.2 Fokus Kajian**

Fokus kajian penelitian tentang pala mencakup berbagai aspek, mulai dari karakterisasi dasar hingga aplikasi praktis. Salah satu area fokus yang penting adalah identifikasi dan karakterisasi senyawa-senyawa bioaktif dalam pala, termasuk minyak esensial, alkaloid, dan berbagai metabolit sekunder lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk memahami hubungan antara struktur kimia

senyawa-senyawa tersebut dan aktivitas biologis mereka (Shahidi & Hossain, 2018).

Area fokus lainnya adalah pemahaman tentang mekanisme kerja senyawa-senyawa bioaktif pala pada tingkat sel dan molekuler. Penelitian ini melibatkan studi tentang interaksi senyawa-senyawa dengan target biologis, jalur-jalur sinyal yang diaktifkan, dan efek-efek fisiologis yang dihasilkan. Kajian tentang aktivitas antimikroba, anti-inflamasi, antioksidan, dan neuroprotektif dari pala merupakan area yang sangat aktif dalam penelitian kontemporer (Câmara et al., 2024).

Fokus kajian juga mencakup pengembangan varietas pala yang lebih baik melalui program pemuliaan tradisional dan modern, serta pemahaman tentang faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi kandungan senyawa-senyawa bioaktif dalam pala. Penelitian tentang praktik-praktik pertanian yang berkelanjutan dan pengurangan dampak lingkungan dari produksi pala juga menjadi fokus yang semakin penting dalam konteks kesadaran lingkungan global (Das et al., 2023).

### **8.1.3 Metodologi Penelitian**

Metodologi penelitian tentang pala telah berkembang dari pendekatan-pendekatan sederhana menjadi metode-metode yang kompleks dan terintegrasi. Metodologi tradisional termasuk ekstraksi dan fraksinasi senyawa-senyawa dari pala menggunakan pelarut organik, diikuti dengan isolasi dan purifikasi menggunakan teknik kromatografi berbagai jenis. Identifikasi struktur senyawa-senyawa dilakukan menggunakan spektroskopi, termasuk

spektroskopi inframerah, spektroskopi resonansi magnetik inti, dan spektroskopi massa (Shahidi & Hossain, 2018).

Metodologi modern mencakup penggunaan teknik-teknik analitik canggih seperti *gas chromatography-mass spectrometry* (GC-MS), *liquid chromatography-mass spectrometry* (LC-MS), dan *high-performance liquid chromatography* (HPLC) untuk analisis profil metabolit secara komprehensif. Teknik-teknik ini memungkinkan identifikasi dan kuantifikasi simultan dari berbagai senyawa dalam sampel kompleks seperti minyak pala atau ekstrak pala (Câmara et al., 2024).

Metodologi penelitian kontemporer juga mencakup penggunaan pendekatan genomik dan transkriptomik untuk mempelajari ekspresi gen yang terlibat dalam biosintesis senyawa-senyawa bioaktif. Pendekatan proteomik digunakan untuk memahami peran protein-protein dalam fungsi-fungsi biologis pala. Selain itu, metodologi culturing sel dan model-model hewan digunakan untuk mengevaluasi aktivitas biologis senyawa-senyawa pala dalam sistem biologis yang lebih kompleks (Das et al., 2023).

#### **8.1.4 Hasil Utama Penelitian**

Penelitian tentang pala telah menghasilkan berbagai temuan penting yang telah berkontribusi pada pemahaman kita tentang potensi pala sebagai bahan dengan sifat-sifat farmakologis yang beragam. Hasil penelitian telah mengidentifikasi lebih dari dua ratus senyawa volatile dalam pala, dengan myristicin, elemicin, safrole, dan berbagai terpena lainnya menjadi komponen-komponen utama

yang memberikan karakteristik aromatik dan sifat-sifat biologis dari pala (Câmara et al., 2024).

Penelitian telah menunjukkan bahwa senyawa-senyawa dalam pala memiliki aktivitas antimikroba yang signifikan terhadap berbagai bakteri patogenik dan jamur, sifat anti-inflamasi melalui penghambatan jalur-jalur sinyal inflamasi utama, dan aktivitas antioksidan yang kuat melalui penghambatan radikal bebas dan reactive oxygen species. Beberapa senyawa pala juga menunjukkan aktivitas neuroprotektif dan potensi dalam mencegah penyakit-penyakit neurodegeneratif (Shahidi & Hossain, 2018).

Hasil penelitian genomik telah mengidentifikasi berbagai gen yang terlibat dalam biosintesis metabolit sekunder dalam pala, membuka peluang untuk pengembangan varietas pala dengan profil senyawa bioaktif yang dioptimalkan. Penelitian juga telah mengungkapkan adanya keragaman genetik yang substansial dalam populasi pala global, yang dapat dimanfaatkan dalam program pemuliaan untuk meningkatkan ketahanan terhadap penyakit dan kondisi-kondisi lingkungan yang merugikan (Das et al., 2023).

## **8.2 Bioteknologi Pala**

Bioteknologi memainkan peran yang semakin penting dalam upaya untuk meningkatkan produksi pala, mengembangkan varietas yang lebih baik, dan memaksimalkan kandungan senyawa-senyawa bernilai tinggi dalam pala.

### 8.2.1 Kultur Jaringan

Teknik kultur jaringan telah dikembangkan untuk pala dengan tujuan untuk menghasilkan tanaman-tanaman yang identik secara genetik dengan tanaman induk, memfasilitasi program pemuliaan, dan mengonservasi plasma nutfah pala yang langka atau memiliki karakteristik-karakteristik desirable. Kultur jaringan pala melibatkan inisiasi kalus dari eksplan bunga, daun, atau jaringan-jaringan lainnya dari pohon pala, diikuti dengan regenerasi tunas dan akar untuk menghasilkan tanaman lengkap yang dapat ditanam kembali di lapangan (Das et al., 2023).

Protokol-protokol kultur jaringan yang dikembangkan untuk pala biasanya menggunakan media dasar dengan kombinasi optimum dari hormon pertumbuhan seperti auxin dan sitokinin. Konsentrasi dan rasio dari hormon-hormon ini mempengaruhi jenis diferensiasi sel yang terjadi, apakah mengarah pada pembentukan tunas adventif atau akar. Media perkaya nutrisi juga diformulasikan untuk mendukung pertumbuhan optimal dari kalus dan jaringan-jaringan yang sedang berkembang (Das et al., 2023).

Manfaat dari kultur jaringan untuk pala mencakup kemampuan untuk memperbanyak tanaman elit dengan cepat, pemeliharaan keseragaman genetik dari generasi ke generasi, pengurangan waktu untuk menghasilkan tanaman yang siap tanam dibandingkan dengan metode propagasi konvensional, dan kemungkinan untuk menghasilkan tanaman yang bebas dari patogen tertentu melalui meristem kultur. Teknik ini juga dapat digunakan dalam kombinasi dengan seleksi *in vitro* untuk mengidentifikasi dan

memperbanyak tanaman-tanaman dengan karakteristik-karakteristik yang diinginkan (Das et al., 2023).

### **8.2.2 Marker Genetik**

Pengembangan marker genetik untuk pala telah memfasilitasi penelitian genetika populasi, program pemuliaan, dan identifikasi sumber-sumber gen untuk sifat-sifat yang diinginkan seperti ketahanan terhadap penyakit atau kandungan senyawa bioaktif yang tinggi. Marker genetik merupakan segmen DNA yang memiliki variasi yang terukur di antara individu-individu dalam populasi, dan dapat digunakan untuk melacak keturunan genetik dan mengidentifikasi kemiripan genetik di antara individu-individu (Das et al., 2023).

Jenis-jenis marker genetik yang telah dikembangkan untuk pala mencakup *simple sequence repeats* (SSRs) atau mikrosatelit, yang merupakan repetisi tandem dari sekuen DNA pendek dan menunjukkan polimorfisme yang tinggi, membuatnya sangat berguna untuk aplikasi-aplikasi seperti analisis parentage dan pemetaan genetik. *Single nucleotide polymorphisms* (SNPs), yang merupakan variasi tunggal nukleotida dalam urutan DNA, juga telah diidentifikasi dan digunakan dalam penelitian genomik pala (Das et al., 2023).

Penggunaan marker genetik dalam program pemuliaan pala memungkinkan seleksi yang lebih efisien dari individu-individu dengan kombinasi gen-gen yang diinginkan untuk berbagai sifat seperti produktivitas tinggi, ketahanan terhadap penyakit, dan kandungan senyawa bioaktif yang optimal. Marker-assisted

selection (MAS) dapat mempercepat proses pemuliaan dengan mengurangi waktu yang diperlukan untuk mengidentifikasi genotip-genotip yang diinginkan (Das et al., 2023).

### **8.2.3 Genomik**

Penelitian genomik tentang pala telah berkembang pesat dengan ketersediaan teknologi sekuensing DNA dengan throughput tinggi yang relatif terjangkau. Genom pala telah disekuens dan dirakit, memberikan referensi yang penting untuk berbagai aplikasi penelitian termasuk identifikasi gen-gen yang terlibat dalam biosintesis metabolit sekunder, analisis evolusi pala, dan identifikasi lokus yang terkait dengan sifat-sifat fenotipik yang penting (Das et al., 2023).

Analisis genomik pala telah mengungkapkan informasi tentang organisasi struktur genom, distribusi gen-gen fungsional, dan identifikasi region-region yang menunjukkan tanda-tanda seleksi yang kuat. Penelitian komparatif genomik antara pala dan spesies-spesies terkait lainnya telah memberikan wawasan tentang evolusi spesies dan adaptasi terhadap kondisi-kondisi lingkungan tertentu (Das et al., 2023).

Penelitian genomik juga telah memfasilitasi identifikasi dari berbagai gen yang terlibat dalam biosintesis senyawa-senyawa bioaktif utama dalam pala. Pemahaman tentang jalur-jalur biosintesis pada tingkat genetik membuka peluang untuk manipulasi genetik dengan tujuan untuk meningkatkan kandungan senyawa-senyawa bernilai tinggi dalam pala atau mengembangkan kultivar dengan profil metabolit yang dioptimalkan (Das et al., 2023).

#### 8.2.4 Metabolomik

Metabolomik pala melibatkan analisis komprehensif dari seluruh set metabolit yang diproduksi dalam jaringan-jaringan pala dalam kondisi-kondisi tertentu. Pendekatan metabolomik ini memungkinkan untuk mendapatkan pandangan holistik tentang status fisiologis pala dan perubahan-perubahan dalam komposisi kimia sebagai respons terhadap kondisi-kondisi lingkungan atau stres biologis (Câmara et al., 2024).

Teknik-teknik yang digunakan dalam penelitian metabolomik pala mencakup GC-MS, LC-MS, dan teknik-teknik spektroskopi lainnya yang dapat mengidentifikasi dan mengukur tingkat berbagai metabolit secara simultan. Data metabolomik yang dihasilkan dapat dianalisis menggunakan pendekatan bioinformatik untuk mengidentifikasi metabolit-metabolit yang berubah secara signifikan dalam kondisi-kondisi tertentu, menyediakan wawasan tentang proses-proses biologis yang mendasarinya (Câmara et al., 2024).

Penelitian metabolomik pada pala telah mengidentifikasi varian-varian metabolit yang berkorelasi dengan lokus-lokus genetik tertentu, memfasilitasi identifikasi gen-gen yang mengontrol biosintesis metabolit-metabolit tersebut. Selain itu, analisis metabolomik telah mengungkapkan bagaimana kondisi-kondisi pertumbuhan, praktik-praktik penanganan panen, dan metode-metode penyimpanan mempengaruhi komposisi metabolit dalam pala, memberikan wawasan untuk optimisasi praktik-praktik pertanian dan postharvest (Câmara et al., 2024).

## 8.3 Nanoteknologi Pala

Nanoteknologi telah membuka peluang baru dalam aplikasi senyawa-senyawa bioaktif dari pala melalui pengembangan sistem-sistem delivery yang canggih dan peningkatan efektivitas senyawa-senyawa tersebut dalam aplikasi-aplikasi farmakologis dan komersial.

### 8.3.1 Nanoemulsi

Nanoemulsi adalah sistem koloid yang terdiri dari tetesan-tetesan fase terdispersi dengan ukuran di kisaran nanometer yang terdispersi dalam fase kontinyu dengan bantuan surfaktan dan kosurfaktan. Nanoemulsi berbasis pala telah dikembangkan dengan tujuan untuk meningkatkan kelarutan, stabilitas, dan bioavailabilitas dari senyawa-senyawa bioaktif pala yang biasanya hidrofobik dan tidak larut dalam air (R et al., 2025).

Proses pembuatan nanoemulsi pala dapat dilakukan melalui berbagai metode, termasuk *high-pressure homogenization*, sonikasi, dan *microfluidics*. Pemilihan metode mempengaruhi ukuran tetesan, distribusi ukuran, dan stabilitas fisikokimia dari nanoemulsi yang dihasilkan. Formulasi nanoemulsi biasanya memerlukan optimisasi dari berbagai parameter seperti rasio fase minyak terhadap fase air, tipe dan konsentrasi surfaktan, metode proses, dan kondisi-kondisi proses seperti suhu dan shear rate (R et al., 2025).

Keuntungan dari nanoemulsi berbasis pala mencakup peningkatan area permukaan yang tersedia untuk absorpsi, penetrasi yang lebih baik melalui membrane biologis, peningkatan stabilitas

senyawa-senyawa bioaktif terhadap degradasi, dan kemungkinan untuk penargetan (targeting) yang lebih spesifik ke jaringan-jaringan atau organ-organ tertentu. Nanoemulsi pala telah didemonstrasikan menunjukkan peningkatan efektivitas dalam berbagai aplikasi termasuk antimikroba, anti-inflamasi, dan penetrasi kulit untuk aplikasi topical (R et al., 2025).

### **8.3.2 Nanoenkapsulasi**

Nanoenkapsulasi atau enkapsulasi pada skala nano melibatkan pembuatan struktur-struktur berupa membran atau matriks pada ukuran nano yang dapat membungkus dan melindungi senyawa-senyawa bioaktif dari pala. Berbagai jenis sistem enkapsulasi telah dikembangkan untuk pala, termasuk liposom, nanopartikel polimer, niosom, dan sistem-sistem lainnya (R et al., 2025).

Liposom adalah vesikel berbentuk bola yang terdiri dari lapisan-lapisan lipid bilayer yang dapat membungkus senyawa-senyawa yang bersifat hidrofobik atau hidrofil tergantung pada lokalisasi senyawa dalam struktur liposom. Nanopartikel polimer dibuat dari polimer biodegradable seperti polylactide (PLA) atau polycaprolactone (PCL) yang dapat membentuk matriks padat atau struktur berongga yang mengandung senyawa-senyawa bioaktif. Niosom adalah alternatif yang lebih stabil dari liposom yang terbuat dari surfaktan non-ionic dan kolesterol (R et al., 2025).

Keuntungan dari nanoenkapsulasi senyawa-senyawa bioaktif pala mencakup peningkatan stabilitas fisik dan kimia, pengurangan volatilitas dari senyawa-senyawa volatile, peningkatan

bioavailabilitas melalui peningkatan permeabilitas dan permeasi melintasi membrane biologis, pengurangan toksisitas melalui pengurangan konsentrasi lokal dari senyawa-senyawa yang berpotensi toksik pada dosis tinggi, dan memungkinkan penargetan (targeting) yang lebih spesifik. Teknologi nanoenkapsulasi juga memungkinkan co-enkapsulasi dari berbagai senyawa aktif untuk efek sinergis (R et al., 2025).

### **8.3.3 Aplikasi Farmasi**

Aplikasi farmasi dari nanoteknologi pala mencakup pengembangan formulasi-formulasi yang ditujukan untuk pengiriman yang lebih efisien dan efektif dari senyawa-senyawa bioaktif pala ke site-site aksi yang ditargetkan. Senyawa-senyawa bioaktif pala seperti myristicin dan elemicin yang dienkapsulasi dalam sistem nano telah menunjukkan peningkatan dalam efektivitas antimikroba, aktivitas anti-inflamasi, dan efek-efek neuroprotektif dalam berbagai studi in vitro dan in vivo (R et al., 2025).

Formulasi nanofarmasi berbasis pala juga telah dikembangkan untuk aplikasi-aplikasi spesifik seperti pengiriman ke otak untuk penanganan kondisi-kondisi neurodegeneratif, pengiriman ke lokasi tumor untuk aplikasi onkologi, dan pengiriman ke lokasi infeksi untuk penanganan infeksi bakteri atau jamur yang resistan terhadap antibiotik konvensional. Sistem delivery yang dapat merespons stimulus spesifik seperti pH, suhu, atau kehadiran enzim tertentu juga telah dikembangkan untuk memungkinkan release yang terkontrol dari senyawa-senyawa aktif pada lokasi yang tepat (R et al., 2025).

Penelitian juga telah mengeksplorasi penggunaan nanopartikel berbasis pala sebagai agen diagnostic atau imaging untuk pendeteksian penyakit-penyakit tertentu, serta sebagai agen theranostic yang menggabungkan fungsi diagnostic dan therapeutic dalam satu formulasi (R et al., 2025).

### **8.3.4 Keamanan Nanoteknologi**

Keamanan dari nanoformulasi berbasis pala merupakan aspek yang penting untuk dipertimbangkan dalam pengembangan dan aplikasi praktis dari produk-produk nanofarmasi. Pertanyaan-pertanyaan tentang toksisitas, biodegradabilitas, akumulasi dalam tubuh, dan efek-efek jangka panjang dari paparan nanopartikel masih merupakan area penelitian yang aktif (R et al., 2025).

Penelitian tentang keamanan nanoteknologi pala telah mengevaluasi toksisitas dari berbagai sistem enkapsulasi pada berbagai model sel dan model hewan untuk mengidentifikasi potential adverse effects. Hasil-hasil penelitian secara umum menunjukkan bahwa nanoformulasi berbasis pala dari sistem yang terbuat dari material-material biodegradable dan biokompatibel menunjukkan profil keamanan yang baik dengan toksisitas yang minimal pada dosis-dosis yang digunakan untuk aplikasi terapeutik (R et al., 2025).

Namun, aspek-aspek regulasi dan standardisasi untuk nanoformulasi farmasi masih perlu dikembangkan lebih lanjut untuk memastikan konsistensi, keamanan, dan efektivitas dari produk-produk nanofarmasi berbasis pala yang akan masuk ke pasaran. Penetapan parameter-parameter spesifikasi untuk ukuran

nanopartikel, distribusi ukuran, beban muatan, dan stabilitas merupakan komponen penting dari pengembangan produk nanofarmasi yang berkualitas (R et al., 2025).

## **8.4 Analisis Kimia Modern**

Analisis kimia modern memainkan peran yang fundamental dalam karakterisasi senyawa-senyawa dalam pala, pemahaman tentang profil metabolit, dan quality control dari produk-produk berbasis pala.

### **8.4.1 GC-MS**

*Gas chromatography-mass spectrometry* (GC-MS) merupakan teknik analitik yang sangat berguna untuk analisis senyawa-senyawa volatile dan semi-volatile dalam pala. Teknik ini menggabungkan kemampuan pemisahan dari kromatografi gas dengan kemampuan identifikasi dan kuantifikasi dari spektrometri massa, memungkinkan deteksi dan karakterisasi yang simultan dari berbagai senyawa dalam sampel kompleks seperti minyak pala essential atau ekstrak pala (Câmara et al., 2024).

Aplikasi GC-MS untuk pala telah mengidentifikasi lebih dari dua ratus senyawa volatile yang berbeda, dengan myristicin (15-25%), elemicin (10-15%), safrole (5-10%), dan berbagai terpena lainnya menjadi komponen-komponen utama. GC-MS juga memungkinkan untuk melakukan analisis profiling yang komprehensif yang dapat digunakan untuk quality assurance dan

authenticity testing dari produk pala dan minyak pala (Câmara et al., 2024).

Parameter-parameter kunci dalam GC-MS termasuk dipilih dengan hati-hati untuk mengoptimalkan pemisahan dan deteksi senyawa-senyawa target. Temperature programming dari oven, pemilihan kolom yang tepat, dan setting dari detektor massa mempengaruhi kualitas data yang dihasilkan. Analisis GC-MS dapat dilakukan dalam mode *full scan* untuk eksplorasi profil metabolit secara keseluruhan, atau dalam mode *selected ion monitoring* (SIM) untuk kuantifikasi yang lebih sensitif dan selektif dari senyawa-senyawa spesifik (Shahidi & Hossain, 2018).

#### **8.4.2 LC-MS**

*Liquid chromatography-mass spectrometry* (LC-MS) merupakan teknik analitik yang sangat versatile untuk analisis senyawa-senyawa yang tidak mudah menguap atau mudah terurai pada suhu tinggi, seperti berbagai metabolit sekunder kompleks dalam pala. LC-MS menggabungkan kemampuan pemisahan dari kromatografi cair dengan sensitif dan spesifisitas dari spektrometri massa, memungkinkan analisis senyawa-senyawa dalam sampel biologis atau ekstrak tumbuhan yang kompleks (Câmara et al., 2024).

Aplikasi LC-MS untuk pala mencakup analisis fenol, flavonoid, alkaloid, dan berbagai senyawa-senyawa polarsecondary metabolites lainnya. Teknik LC-MS/MS (tandem mass spectrometry) memungkinkan untuk identifikasi struktur yang lebih spesifik melalui fragmentasi terkontrol dari molekul-molekul induk,

memberikan informasi structural yang lebih detail. Different ionization modes seperti electrospray ionization (ESI) atau atmospheric pressure chemical ionization (APCI) dapat dipilih tergantung pada polaritas dan stabilitas senyawa-senyawa target (Câmara et al., 2024).

LC-MS juga dapat diintegrasikan dengan untargeted metabolomics approaches untuk profiling komprehensif dari semua metabolit yang present dalam sampel tanpa perlu pengetahuan sebelumnya tentang senyawa-senyawa mana yang present. Untargeted LC-MS telah mengungkapkan ribuan metabolit yang berbeda dalam pala, memberikan pandangan lengkap tentang keragaman kimia dari tanaman ini (Câmara et al., 2024).

### **8.4.3 Profil Metabolit**

Profil metabolit pala merepresentasikan signature kimia yang komprehensif dari semua metabolit yang present dalam jaringan-jaringan pala dalam kondisi-kondisi pertumbuhan tertentu. Analisis profil metabolit dilakukan menggunakan kombinasi berbagai teknik analitik termasuk GC-MS dan LC-MS untuk capture komprehensif dari berbagai kelas metabolit dari senyawa-senyawa volatile hingga senyawa-senyawa non-volatile yang polar (Câmara et al., 2024).

Profil metabolit pala telah digunakan untuk berbagai tujuan termasuk chemotaxonomy untuk membedakan antara kultivar-kultivar atau akses-akses yang berbeda, quality control untuk memastikan konsistensi dari produk-produk pala komersial, deteksi adulterasi atau pemalsuan dari produk pala, dan pemahaman tentang

bagaimana kondisi-kondisi lingkungan atau praktik-praktik pertanian mempengaruhi komposisi kimia dari pala (Câmara et al., 2024).

Analisis profil metabolit juga telah mengungkapkan bahwa ada variabilitas substansial dalam komposisi metabolit di antara sampel-sampel pala yang dikumpulkan dari lokasi geografis yang berbeda atau pada waktu-waktu panen yang berbeda. Variabilitas ini telah digunakan untuk mengembangkan sistem-sistem quality assurance berbasis fingerprint kimia yang dapat mengidentifikasi produk pala berdasarkan lokasi asal atau kondisi pertumbuhan (Câmara et al., 2024).

#### **8.4.4 Interpretasi Data**

Interpretasi data yang dihasilkan dari analisis GC-MS, LC-MS, dan teknik-teknik analitik lainnya memerlukan pemahaman tentang prinsip-prinsip analitik, pengetahuan tentang senyawa-senyawa yang sedang dianalisis, dan penggunaan yang tepat dari tools bioinformatik dan statistik untuk ekstraksi informasi yang bermakna dari dataset-dataset yang kompleks (Câmara et al., 2024).

Interpretasi data GC-MS dan LC-MS melibatkan identifikasi dari puncak-puncak yang sesuai dengan senyawa-senyawa spesifik melalui comparison dengan data dari standard referensi atau database, kuantifikasi dari senyawa-senyawa target menggunakan kurva-kurva kalibrasi linear atau non-linear, dan evaluasi dari kualitas data berdasarkan parameter-parameter seperti signal-to-noise ratio dan accuracy dari pengukuran (Shahidi & Hossain, 2018).

Interpretasi data metabolomik yang dihasilkan dari analisis untargeted memerlukan pendekatan bioinformatik yang sophisticated termasuk normalisasi data, scaling, dan statistical analysis untuk mengidentifikasi metabolit-metabolit yang menunjukkan perubahan signifikan di antara kondisi-kondisi yang dibandingkan. Multivariate statistical methods seperti principal component analysis (PCA) dan partial least squares-discriminant analysis (PLS-DA) digunakan untuk mengidentifikasi pola-pola dalam data dan metabolit-metabolit yang berkontribusi terhadap perbedaan-perbedaan di antara sampel-sampel (Câmara et al., 2024).

# Bab 9: Formulasi Produk

## Farmasi Pala

---

### 9.1 Konsep Sediaan Herbal

#### 9.1.1 Fitofarmaka

*Fitofarmaka* merupakan sediaan farmasi yang berasal dari bahan alam yang telah distandarisasi dan telah terbukti efektivitasnya secara klinis untuk pengobatan penyakit tertentu. Pala sebagai salah satu tanaman obat tradisional memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi *fitofarmaka* karena mengandung berbagai senyawa aktif yang telah diidentifikasi secara ilmiah. Senyawa utama dalam pala mencakup *myristicin*, *elemicin*, dan berbagai minyak atsiri yang memiliki aktivitas farmakologi yang telah terbukti (Bunse et al., 2022). *Fitofarmaka* berbeda dari suplemen atau produk herbal lainnya karena memiliki standar kualitas yang lebih ketat, data keamanan dan efektivitas yang komprehensif, serta telah melalui uji klinis yang ketat. Pengembangan *fitofarmaka* pala memerlukan pemahaman mendalam tentang kandungan kimia, mekanisme kerja, dan hubungan antara struktur kimia dan aktivitas farmakologis. Pendekatan ini memastikan bahwa produk final memiliki efektivitas yang konsisten dan aman untuk digunakan oleh masyarakat dalam jangka panjang.

### **9.1.2 Standarisasi Bahan**

Standarisasi bahan adalah proses yang sangat penting dalam pengembangan sediaan herbal untuk memastikan konsistensi kualitas dan efektivitas produk dari batch ke batch. Standarisasi bahan pala harus mencakup beberapa aspek: pertama, standarisasi bahan baku dimulai dari pemilihan varietas tanaman, waktu panen, dan metode pengeringan yang konsisten untuk memastikan bahwa senyawa aktif dapat dimaksimalkan. Kedua, standarisasi ekstraksi melibatkan pemilihan pelarut, suhu, dan waktu ekstraksi yang optimal untuk memastikan rendemen ekstrak dan profil senyawa yang konsisten (Li et al., 2025). Ketiga, standarisasi melalui analisis kromatografi (HPLC atau GC-MS) untuk memastikan bahwa kadar senyawa aktif utama seperti *myristicin* berada dalam kisaran yang telah ditetapkan sebelumnya. Keempat, standarisasi parameter fisikokimia seperti kadar air, bobot jenis, pH, dan parameter lainnya yang relevan dengan bentuk sediaan yang akan dibuat. Implementasi standarisasi yang ketat memastikan bahwa setiap batch produk pala memiliki kualitas yang sama, sehingga hasil uji klinis dapat direplikasi dan produk dapat memberikan manfaat yang konsisten kepada pengguna.

### **9.1.3 Stabilitas Sediaan**

Stabilitas sediaan adalah kemampuan sediaan farmasi untuk mempertahankan identitas, kekuatan, kualitas, dan kemurniannya dalam kondisi penyimpanan yang ditentukan. Stabilitas sediaan pala harus dievaluasi dalam berbagai kondisi penyimpanan untuk memastikan bahwa produk dapat digunakan dengan aman dan

efektif sepanjang masa simpan yang telah ditetapkan. Stabilitas fisik mencakup perubahan warna, tekstur, dan penampilan umum sediaan. Stabilitas kimia mencakup perubahan kadar senyawa aktif dan pembentukan produk degradasi yang dapat bersifat toksik. Stabilitas mikrobiologi mencakup pertumbuhan mikroorganisme dan produksi metabolit toksik (Li et al., 2025). Uji stabilitas akselerasi dilakukan dengan menempatkan sediaan pada kondisi suhu dan kelembaban yang ekstrim selama periode waktu tertentu, kemudian menganalisis perubahan yang terjadi. Data dari uji stabilitas akselerasi digunakan untuk memprediksi stabilitas jangka panjang dan menentukan masa simpan produk. Kondisi penyimpanan yang direkomendasikan harus dicantumkan dalam label produk untuk memastikan bahwa konsumen menyimpan produk dengan benar dan produk tetap stabil hingga tanggal kadaluarsa.

#### **9.1.4 Bioavailabilitas**

Bioavailabilitas mengacu pada jumlah dan kecepatan senyawa aktif dari sediaan farmasi yang mencapai sirkulasi sistemik dan ketersediaannya di tempat kerja farmakologis. Bioavailabilitas sediaan pala sangat penting karena menentukan efektivitas produk dalam tubuh. Senyawa aktif pala, khususnya *myristicin* dan komponen minyak atsiri lainnya, memiliki kelarutan yang rendah dalam air, sehingga dapat mengalami penurunan bioavailabilitas ketika diberikan secara oral (Li et al., 2025). Untuk meningkatkan bioavailabilitas, beberapa strategi dapat diterapkan: pertama, penggunaan *bioavailability enhancers* atau *permeation enhancers* yang dapat meningkatkan absorpsi melalui saluran pencernaan.

Kedua, penggunaan formulasi modern seperti nanopartikel, liposom, atau *phytosomes* yang dapat meningkatkan solubilitas dan penetrasi senyawa aktif melalui membran biologis. Ketiga, penggunaan *prodrugs* atau modifikasi struktur kimia yang dapat meningkatkan kelarutan dan absorpsi. Studi bioavailabilitas dalam model hewan dan manusia sangat penting untuk memahami seberapa banyak senyawa aktif yang benar-benar tersedia dalam tubuh dan bagaimana hal ini berhubungan dengan efektivitas klinis produk pala.

## 9.2 Formulasi Sediaan

### 9.2.1 Sediaan Oral

Sediaan oral merupakan rute pemberian obat yang paling umum dan diterima oleh pasien karena mudah digunakan, tidak invasif, dan nyaman. Sediaan oral pala dapat dikembangkan dalam berbagai bentuk farmasi seperti tablet, kapsul, larutan, suspensi, atau granul. Tablet merupakan bentuk solid yang kompak yang dapat mengandung ekstrak pala atau bahan aktif pala dengan dosis yang akurat dan terjaga stabilitasnya. Formulasi tablet pala memerlukan penambahan bahan pengikat (*binder*) untuk mengikat partikel-partikel bersama-sama, bahan pengisi (*filler*) untuk memberikan volume, dan bahan pelicin (*lubricant*) untuk memudahkan proses pengepresan (Li et al., 2025). Kapsul gelatin merupakan alternatif yang memungkinkan enkapsulasi ekstrak pala dalam bentuk cairan atau bubuk, memudahkan penerimaan pasien karena kemudahan menelan, dan memberikan perlindungan terhadap degradasi

senyawa aktif. Larutan atau sirup pala dapat diformulasikan untuk pasien yang kesulitan menelan tablet atau kapsul, namun memerlukan perhatian khusus terhadap stabilitas senyawa aktif dalam medium aqueous. Sediaan oral pala harus mempertimbangkan pengaruh pH lambung, enzim pencernaan, dan waktu transit melalui saluran pencernaan terhadap stabilitas dan absorpsi senyawa aktif.

### 9.2.2 Sediaan Topikal

Sediaan topikal pala dirancang untuk aplikasi langsung pada kulit atau membran mukosa untuk tujuan lokal maupun sistemik. Sediaan topikal dapat dikembangkan dalam bentuk krim, gel, salep, atau lotion yang dapat memfasilitasi penetrasi senyawa aktif pala melalui kulit. Krim pala umumnya dibuat sebagai emulsi air dalam minyak atau minyak dalam air yang dapat memudahkan penyebaran pada kulit dan memberikan rasa yang menyenangkan. Gel pala dapat diformulasikan dengan menggunakan polimer hidrofilik seperti *carbopol* atau *xanthan gum* yang memberikan konsistensi yang tepat dan kemudahan penyebaran (Li et al., 2025). Salep pala dibuat dengan basis lipofil yang dapat memberikan oklusivitas dan retensi air pada kulit. Penetrasi senyawa aktif pala melalui kulit dapat ditingkatkan dengan menggunakan *penetration enhancers* seperti asam lemak, surfaktan, atau derivat terpena yang dapat meningkatkan fluiditas lipid stratum corneum. Sediaan topikal pala sangat bermanfaat untuk kondisi kulit seperti dermatitis, eksim, luka, atau infeksi jamur, serta dapat digunakan untuk tujuan kosmetik seperti antiaging atau perawatan kulit.

### 9.2.3 Nanoformulasi

Nanoformulasi adalah teknologi pengembangan sediaan dalam skala nanometer (1-1000 nm) yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan bioavailabilitas, efektivitas, dan keamanan senyawa aktif pala. Berbagai sistem nanoformulasi dapat digunakan untuk pala, termasuk nanopartikel lipid padat (*solid lipid nanoparticles*, SLN), nanopartikel lipid terstruktur (*nanostructured lipid carriers*, NLC), liposom, dan *phytosomes* (Jacob et al., 2025). SLN dibuat dengan mengenkapsulasi ekstrak pala dalam matriks lipid padat yang dapat meningkatkan stabilitas senyawa aktif, memperlambat rilis, dan meningkatkan penetrasi ke dalam sel target. NLC merupakan variasi dari SLN yang menggunakan kombinasi lipid padat dan cairan, sehingga memiliki kapasitas muatan yang lebih tinggi dan rilis yang lebih terkontrol. Liposom dibuat dari fosfolipid yang membentuk vesikel yang dapat mengenkapsulasi senyawa aktif pala dan meningkatkan targeting ke sel target tertentu (Li et al., 2025). *Phytosomes* dibuat dengan menggabungkan ekstrak pala dengan fosfolipid untuk membentuk kompleks lipid-soluble yang dapat meningkatkan penyerapan dan bioavailabilitas ekstrak pala dibandingkan dengan ekstrak biasa. Nanoformulasi memungkinkan pengurangan dosis yang diperlukan untuk mencapai efektivitas terapi, mengurangi efek samping, dan meningkatkan kenyamanan pasien melalui pengurangan frekuensi pemberian.

#### **9.2.4 Kombinasi Bahan**

Kombinasi bahan dalam formulasi produk pala dapat meningkatkan efektivitas, memperluas spektrum aktivitas farmakologi, dan mengurangi dosis bahan aktif yang diperlukan. Kombinasi pala dengan bahan lain dapat dilakukan berdasarkan prinsip sinergisme, di mana dua atau lebih bahan yang dikombinasikan memberikan efek yang lebih besar daripada penjumlahan efek individualnya (Li et al., 2025). Kombinasi pala dengan jahe, kunyit, atau lada dapat meningkatkan aktivitas anti-inflamasi dan antioksidan. Kombinasi pala dengan bahan yang meningkatkan bioavailabilitas seperti lada hitam (yang mengandung *piperine*) dapat meningkatkan penyerapan senyawa aktif pala. Kombinasi pala dengan probiotik atau prebiotik dapat mendukung kesehatan usus dan meningkatkan penyerapan senyawa aktif. Namun, kombinasi bahan juga harus dipertimbangkan dengan hati-hati untuk menghindari interaksi yang tidak diinginkan atau antagonisme antar bahan. Setiap kombinasi harus divalidasi melalui studi farmakologi dan keamanan untuk memastikan bahwa kombinasi tersebut aman dan efektif sebelum dikembangkan lebih lanjut.

### **9.3 Uji Mutu dan Keamanan**

#### **9.3.1 Uji Toksisitas**

Uji toksisitas adalah evaluasi sistematis terhadap efek merugikan potensial dari sediaan pala pada organisme hidup, yang

merupakan langkah penting dalam pengembangan produk farmasi untuk memastikan keamanan konsumen. Uji toksisitas akut dilakukan dengan memberikan dosis tunggal ekstrak pala pada hewan percobaan (biasanya tikus atau kelinci) melalui berbagai rute pemberian (oral, intraperitoneal, intravenous) dan mengamati gejala toksisitas dan kematian dalam jangka waktu 14 hari (Suparmi et al., 2023). Data dari uji toksisitas akut digunakan untuk menentukan LD50 (dosis yang menyebabkan kematian 50 persen dari populasi) yang merupakan indikator potensi toksisitas bahan. Uji toksisitas subakut melibatkan pemberian dosis berulang selama 28 hari untuk mengevaluasi efek pada organ target dan perubahan biokimia darah. Uji toksisitas kronik melibatkan pemberian dosis selama 90 hari atau lebih untuk mengevaluasi efek jangka panjang. Uji genotoksitas dilakukan untuk mengevaluasi potensi mutagenik bahan pala, sedangkan uji karsinogenisitas dilakukan untuk jangka waktu yang lebih lama (hingga dua tahun) untuk mengevaluasi potensi kanker. Hasil dari semua uji toksisitas ini dikumpulkan dalam laporan toksikologi yang komprehensif untuk menentukan margin keamanan dan batas aman untuk penggunaan pada manusia.

### **9.3.2 Uji Stabilitas**

Uji stabilitas yang telah dijelaskan sebelumnya merupakan bagian dari uji mutu yang bertujuan untuk memastikan bahwa produk pala mempertahankan kualitasnya selama masa simpan yang dijanjikan. Uji stabilitas akselerasi dilakukan pada kondisi penyimpanan yang ekstrim (biasanya 40°C dan 75% kelembaban relatif) selama tiga hingga enam bulan untuk mempercepat proses

degradasi senyawa aktif dan membantu memprediksi masa simpan produk (Li et al., 2025). Parameter yang dimonitor selama uji stabilitas mencakup: kadar bahan aktif utama melalui HPLC, jumlah total mikroba dan kapang/khamir melalui mikrobiologi, perubahan fisik seperti warna dan tekstur, dan pH untuk bentuk cair. Uji stabilitas jangka panjang dilakukan pada kondisi penyimpanan yang normal (25°C dan 60% kelembaban relatif) untuk memvalidasi hasil dari uji akselerasi dan memastikan bahwa produk dapat digunakan dengan aman hingga tanggal kadaluarsa yang tertera pada label. Data stabilitas juga digunakan untuk menentukan kondisi penyimpanan yang optimal dan peringatan khusus yang harus ditambahkan pada label produk.

### **9.3.3 Uji Efektivitas**

Uji efektivitas dilakukan untuk memastikan bahwa sediaan pala menghasilkan efek farmakologis yang diinginkan sesuai dengan klaim yang dibuat pada label produk. Uji efektivitas *in vitro* melibatkan pengukuran aktivitas senyawa aktif pala dalam sistem biologis artifisial, seperti pengukuran aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH atau ABTS, aktivitas antimikroba melalui uji zona hambat, atau aktivitas anti-inflamasi melalui uji penghambatan sitokin dalam kultur sel (Jacob et al., 2025). Uji efektivitas *in vivo* melibatkan pemberian sediaan pala pada model hewan yang sesuai dengan indikasi farmasi dan mengukur parameter yang relevan. Misalnya, untuk indikasi anti-inflamasi, dapat digunakan model edema paw yang diinduksi oleh karagenan atau model granuloma yang diinduksi oleh kapas. Data dari uji efektivitas

in vitro dan in vivo dikumpulkan untuk menunjukkan bahwa sediaan pala memiliki efektivitas yang cukup dan konsisten dengan dosis yang direkomendasikan.

#### **9.3.4 Uji Klinis**

Uji klinis adalah evaluasi efektivitas dan keamanan sediaan pala pada subjek manusia yang dilakukan dalam fase-fase yang terstruktur. Uji klinis fase I melibatkan sejumlah kecil relawan sehat (20-100 orang) dan bertujuan untuk mengevaluasi keamanan, toleransi, dan farmakokinetika sediaan pala. Uji klinis fase II melibatkan pasien dengan kondisi yang akan diobati (100-500 orang) dan bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas dan efek samping sediaan pala dalam kondisi penyakit yang sebenarnya (Li et al., 2025). Uji klinis fase III melibatkan jumlah pasien yang lebih besar (1000-5000 orang) dan dilakukan di berbagai lokasi untuk mengkonfirmasi efektivitas, memonitor efek samping, dan membandingkan dengan standar pengobatan yang sudah ada. Uji klinis fase IV dilakukan setelah persetujuan regulasi untuk memonitor keamanan jangka panjang dan efektivitas dalam praktik klinis. Setiap fase uji klinis harus memenuhi standar etika penelitian dengan informed consent dari peserta, monitoring ketat terhadap adverse events, dan transparansi dalam pelaporan hasil. Data dari uji klinis yang komprehensif ini merupakan dasar untuk mendukung persetujuan regulasi dan membangun kepercayaan konsumen terhadap produk pala.

## **9.4 Regulasi Farmasi**

### **9.4.1 BPOM**

Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) adalah lembaga pemerintah Indonesia yang bertanggung jawab untuk mengawasi keamanan, kualitas, dan efektivitas obat, makanan, suplemen, dan kosmetik yang beredar di Indonesia. Untuk sediaan pala yang akan dipasarkan di Indonesia, harus memperoleh persetujuan dari BPOM terlebih dahulu. Proses persetujuan BPOM melibatkan penyerahan berkas permohonan yang komprehensif yang mencakup: deskripsi produk, formula dan proses manufaktur, standar mutu dan uji mutu, data stabilitas, data farmakokinetik, data farmakologi dan toksikologi, data klinis, dan literatur pendukung (Roisah et al., 2023). Berkas permohonan akan dievaluasi oleh tim ahli BPOM untuk memastikan bahwa semua persyaratan keamanan dan efektivitas telah dipenuhi. Jika diperlukan, BPOM dapat meminta klarifikasi atau data tambahan sebelum memberikan persetujuan. Setelah persetujuan diperoleh, produk pala akan diberikan nomor registrasi BPOM yang merupakan bukti bahwa produk telah memenuhi standar keamanan dan kualitas yang ditetapkan oleh BPOM dan dapat dipasarkan dengan aman kepada konsumen Indonesia.

### **9.4.2 Standar Internasional**

Selain memenuhi standar regulasi lokal Indonesia melalui BPOM, sediaan pala yang akan dipasarkan di pasar internasional harus memenuhi standar regulasi negara tempat produk akan dijual.

Beberapa standar internasional utama yang relevan mencakup: FDA (*Food and Drug Administration*) di Amerika Serikat, EMA (*European Medicines Agency*) di Uni Eropa, dan organisasi internasional lainnya. Standar FDA dan EMA memiliki persyaratan yang ketat terhadap data keamanan, efektivitas klinis, dan kualitas manufaktur (Li et al., 2025). Selain itu, standar farmakopea internasional seperti USP (*United States Pharmacopeia*), BP (*British Pharmacopeia*), dan EP (*European Pharmacopeia*) memberikan spesifikasi dan metode analitis standar untuk bahan farmasi yang harus diikuti untuk memastikan konsistensi internasional. Organisasi internasional seperti WHO, ICH (*International Council for Harmonisation*), dan UNCTAD (*United Nations Conference on Trade and Development*) juga menyediakan pedoman dan standar yang diterima secara global untuk pengembangan dan evaluasi produk farmasi. Mematuhi standar internasional ini penting bagi produk pala untuk dapat bersaing di pasar global dan memberikan jaminan kualitas kepada konsumen di seluruh dunia.

#### **9.4.3 Legalitas Produk**

Legalitas produk pala sangat penting untuk memastikan bahwa produk dapat dipasarkan dan digunakan oleh konsumen tanpa hambatan hukum. Legalitas produk dimulai dari pemastian bahwa bahan baku pala telah diperoleh secara legal dengan memiliki sertifikat keaslian dan keberadaan dari sumber yang sah. Legalitas juga mencakup kepatuhan terhadap hukum lingkungan dan perburuhan dalam proses produksi, serta tidak adanya pelanggaran hak paten pada formula atau proses manufaktur (Roisah et al., 2023).

Dokumentasi yang lengkap mencakup izin usaha industri farmasi, sertifikat GMP (*Good Manufacturing Practice*), izin pemasaran produk, dan sertifikasi halal untuk pasar Muslim harus disiapkan dan dipertahankan dengan baik. Label produk harus akurat dan tidak membuat klaim yang tidak didukung oleh data, sehingga konsumen dapat membuat keputusan yang informed tentang penggunaan produk. Jika ada bukti ketidakamanan atau ketidakefektifan produk setelah diluncurkan ke pasar, produsen harus segera melakukan penarikan produk (*recall*) untuk melindungi kesehatan publik dan mempertahankan reputasi perusahaan.

#### **9.4.4 Komersialisasi**

Komersialisasi produk pala merupakan proses memasarkan dan menjual produk kepada konsumen akhir dengan memaksimalkan volume penjualan dan keuntungan sambil tetap mempertahankan keamanan dan kualitas produk. Strategi komersialisasi harus mempertimbangkan beberapa aspek: pertama, penetrasi pasar melalui identifikasi segmen pasar target, positioning produk, dan diferensiasi dari kompetitor. Kedua, strategi pricing yang kompetitif namun tetap menguntungkan, mempertimbangkan biaya produksi, margin distribusi, dan daya beli konsumen target. Ketiga, strategi promosi dan advertising yang efektif melalui berbagai media untuk meningkatkan awareness dan meningkatkan permintaan produk (Roisah et al., 2023). Keempat, strategi distribusi melalui berbagai channel seperti apotek, toko obat, e-commerce, dan pusat kesehatan untuk memastikan aksesibilitas produk kepada konsumen. Kelima, customer service yang baik dan program

loyalitas untuk mempertahankan konsumen dan membangun brand reputation yang kuat. Komersialisasi yang sukses memerlukan kolaborasi yang erat antara departemen R&D, manufaktur, regulatory affairs, marketing, dan sales untuk memastikan bahwa produk dapat mencapai pasar dengan cepat dan efisien sambil memenuhi semua persyaratan regulasi dan standar kualitas yang berlaku.

# Bab 10: Strategi

## Pengembangan Pala Terpadu

---

Pengembangan pala yang komprehensif dan berkelanjutan memerlukan pendekatan terpadu yang mengintegrasikan seluruh aspek dari produksi hingga konsumsi, dengan mempertimbangkan tantangan yang dihadapi, peluang industri yang tersedia, dan arah strategis untuk masa depan. Strategi pengembangan pala terpadu harus dirancang untuk menciptakan nilai tambah maksimal, meningkatkan efisiensi di sepanjang rantai pasokan, dan memastikan keberlanjutan lingkungan dan sosial. Bab ini menguraikan secara detail tentang strategi pengembangan pala terpadu yang mencakup integrasi hulu ke hilir, analisis tantangan pengembangan, identifikasi peluang industri, dan perumusan arah strategis masa depan yang inklusif dan berkelanjutan.

### 10.1 Integrasi Hulu ke Hilir

Integrasi hulu ke hilir merupakan fondasi penting dalam menciptakan sistem pala yang efisien dan menguntungkan semua pihak yang terlibat dalam rantai nilai.

#### 10.1.1 Produksi

Tahap produksi pala dimulai dari petani dengan fokus pada peningkatan produktivitas dan kualitas bahan baku. Strategi

peningkatan produksi harus mencakup adopsi teknologi pertanian modern seperti pemeliharaan tanaman yang optimal, pengelolaan hama dan penyakit yang terintegrasi, dan penggunaan varietas unggul yang tahan terhadap stress iklim. Integrasi antara petani dan pengumpul pala perlu diperkuat melalui sistem kontrak yang jelas, akses informasi pasar yang transparan, dan dukungan teknis berkelanjutan. Implementasi sistem *precision agriculture* menggunakan sensor IoT dan data analytics dapat membantu petani mengoptimalkan input produksi dan memprediksi hasil panen dengan lebih akurat. Kolaborasi antara petani pala dalam bentuk kelompok tani atau koperasi dapat meningkatkan negosiasi harga dan akses terhadap input produksi yang lebih efisien.

### **10.1.2 Pengolahan**

Tahap pengolahan merupakan fase kritis di mana nilai produk pala dapat ditingkatkan secara signifikan melalui berbagai proses transformasi. Strategi pengolahan harus mencakup diversifikasi produk, peningkatan standar kualitas, dan adopsi teknologi pengolahan yang lebih efisien. Sistem standardisasi bahan baku pala sangat penting untuk memastikan konsistensi kualitas produk akhir, termasuk pengeringan yang tepat, pengemasan yang sesuai standar, dan penyimpanan yang mempertahankan kualitas (Bhat et al., 2021). Pengembangan produk turunan bernilai tambah tinggi seperti ekstrak minyak atsiri, pala snack, suplemen kesehatan, dan produk kosmetik harus didukung oleh riset dan pengembangan yang berkelanjutan. Implementasi sistem Agri-SCM-BIoT (*Agriculture Supply Chain Management* berbasis Blockchain dan

IoT) dapat meningkatkan transparansi proses pengolahan, memastikan keamanan pangan, dan memfasilitasi komunikasi yang lebih baik antara pengolah dan pelanggan (Bhat et al., 2021).

### **10.1.3 Distribusi**

Sistem distribusi yang efisien sangat penting untuk memastikan produk pala sampai ke konsumen dengan cepat dan dalam kondisi optimal. Strategi distribusi harus mencakup optimalisasi jaringan distribusi, kemitraan dengan distributor dan retailer yang terpercaya, dan penggunaan teknologi logistik yang canggih. Implementasi teknologi *blockchain* dalam sistem distribusi dapat meningkatkan transparansi rantai pasokan, memungkinkan pelacakan produk secara real-time, dan mencegah pemalsuan produk (Gurusamy et al., 2025). Penggunaan sistem manajemen inventori yang terintegrasi dapat mengurangi biaya penyimpanan, meminimalkan kerusakan produk, dan memastikan ketersediaan stok yang sesuai dengan permintaan pasar. Kolaborasi antara pengolah pala dalam menciptakan sistem distribusi bersama dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi cost per unit.

### **10.1.4 Konsumsi**

Memahami dan memenuhi kebutuhan konsumen merupakan tujuan akhir dari strategi pengembangan pala terpadu. Strategi untuk meningkatkan konsumsi pala harus mencakup peningkatan kesadaran konsumen tentang manfaat kesehatan pala, pengembangan produk yang sesuai dengan preferensi konsumen, dan penciptaan brand yang kuat. Komunikasi yang efektif tentang keamanan pangan, sumber produk yang dapat ditelusuri, dan kualitas

produk sangat penting untuk membangun kepercayaan konsumen. Penggunaan platform e-commerce dan media sosial dapat memperluas jangkauan pasar dan memberikan akses langsung kepada konsumen akhir. Segmentasi pasar yang tepat memungkinkan pengembangan produk yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik berbagai kelompok konsumen, dari konsumen massal hingga konsumen premium yang menghargai kualitas tinggi dan sustainability.

## 10.2 Tantangan Pengembangan

Pengembangan pala menghadapi berbagai tantangan yang harus diidentifikasi dan diatasi secara sistematis untuk memastikan keberlanjutan jangka panjang.

### 10.2.1 Teknologi

Adopsi teknologi modern dalam produksi, pengolahan, dan distribusi pala masih terbatas, terutama di kalangan petani kecil dan UMKM. Tantangan utama mencakup tingginya biaya investasi untuk teknologi baru, kurangnya infrastruktur digital di daerah penghasil pala, dan kesenjangan pengetahuan tentang penggunaan teknologi. Implementasi sistem *Agri-SCM-BIoT* yang mengintegrasikan *blockchain*, IoT, dan teknologi manajemen rantai pasokan lainnya memerlukan investasi yang signifikan dan keahlian teknis yang mendalam (Bhat et al., 2021). Kendala teknis lainnya mencakup integrasi antara sistem teknologi yang berbeda, keamanan data yang kompleks, dan kebutuhan akan standardisasi dalam

penggunaan teknologi di seluruh rantai nilai. Solusi untuk tantangan teknologi memerlukan dukungan pemerintah dalam bentuk subsidi, pelatihan intensif, dan pengembangan infrastruktur digital yang lebih baik.

### **10.2.2 Sumber Daya Manusia (SDM)**

Kualitas dan ketersediaan SDM yang kompeten merupakan faktor kritis dalam pengembangan pala. Tantangan SDM mencakup terbatasnya keahlian teknis dalam pengolahan pala, kurangnya pemahaman tentang manajemen bisnis modern, dan keterbatasan pelatihan berkelanjutan untuk petani dan pengolah. Adopsi teknologi digital dalam rantai pasokan pala memerlukan SDM yang memiliki literasi digital yang cukup, yang masih menjadi tantangan khususnya di daerah perdesaan (Rui & Sundram, 2024). Migrasi generasi muda dari sektor pertanian juga menjadi masalah serius yang mempengaruhi ketersediaan tenaga kerja terampil dalam industri pala. Program pelatihan dan pengembangan kapasitas yang berkelanjutan harus dirancang untuk meningkatkan kompetensi SDM di semua tingkat, dari petani hingga tingkat manajerial.

### **10.2.3 Pasar**

Volatilitas harga pala di pasar global, persaingan dari produsen lain, dan perubahan preferensi konsumen merupakan tantangan pasar yang signifikan. Fluktuasi harga pala dipengaruhi oleh dinamika permintaan global, perubahan produksi dari kompetitor utama, dan kondisi makroekonomi internasional. Tantangan pasar lainnya mencakup pertumbuhan permintaan yang tidak stabil, kesulitan dalam penetrasi pasar baru, dan persaingan

yang ketat dari produk substitusi (Gurusamy et al., 2025). Informasi pasar yang tidak transparan sering menyebabkan asimetri informasi yang merugikan petani pala. Strategi untuk mengatasi tantangan pasar memerlukan diversifikasi pasar, pengembangan produk yang inovatif, dan penciptaan sistem informasi pasar yang transparan dan dapat diakses oleh semua aktor dalam rantai nilai.

#### **10.2.4 Regulasi**

Kerangka regulasi yang tidak konsisten, baik di tingkat nasional maupun internasional, menciptakan tantangan dalam pengembangan pala. Tantangan regulasi mencakup persyaratan standar kualitas yang berbeda-beda di berbagai negara, regulasi keamanan pangan yang ketat, dan persyaratan sertifikasi yang kompleks. Persyaratan tentang pestisida residue, logam berat, dan kontaminan mikrobiologis lainnya memerlukan investasi dalam sistem quality control yang canggih (Stanescu et al., 2025). Regulasi tentang pemberian label dan klaim manfaat kesehatan juga sangat ketat dan berbeda-beda di berbagai negara target ekspor. Pengembangan pala juga harus mempertimbangkan regulasi lingkungan yang semakin ketat tentang penggunaan pestisida, pengelolaan limbah, dan konservasi biodiversity. Koordinasi yang lebih baik antara regulator nasional, industri, dan organisasi internasional sangat diperlukan untuk menciptakan kerangka regulasi yang konsisten namun fleksibel.

## **10.3 Peluang Industri Pala**

Peluang pengembangan pala sangat besar mengingat potensi aplikasi pala di berbagai sektor industri yang berkembang pesat.

### **10.3.1 Industri Pangan**

Industri pangan merupakan pasar terbesar untuk pala, dengan aplikasi dalam berbagai produk makanan dan minuman dari snack, minuman herbal, hingga bahan baku untuk industri pangan olahan. Trend meningkatnya permintaan konsumen terhadap produk natural dan functional food membuka peluang besar untuk pengembangan produk pala berbasis functional food dan suplemen kesehatan. Potensi pasar untuk pala snack, pala dalam minuman beralkohol maupun non-alkohol, dan pala sebagai bahan pengawet alami sangat besar (Bhat et al., 2021). Aplikasi pala dalam industri makanan juga mencakup penggunaan minyak atsiri pala sebagai flavoring agent dan antimikrobal agent dalam sistem penyimpanan dan distribusi pangan. Kolaborasi antara petani pala, pengolah, dan industri pangan skala besar dapat membuka akses ke pasar yang lebih luas dan meningkatkan volume penjualan secara signifikan.

### **10.3.2 Industri Farmasi**

Potensi pala dalam industri farmasi sangat besar mengingat berbagai aktivitas farmakologis yang dimiliki pala seperti antiinflamasi, analgesik, antimikroba, dan efek neuroprotektif. Pengembangan pala sebagai bahan aktif dalam formulasi obat, terutama untuk penanganan penyakit degeneratif dan kondisi inflamasi kronis, merupakan area penelitian yang paling

menjanjikan. Teknologi ekstraksi modern dapat menghasilkan ekstrak pala yang terstandarisasi dengan kandungan senyawa aktif yang konsisten, memenuhi persyaratan ketat industri farmasi. Kolaborasi antara industry pala dengan institusi penelitian farmasi dapat mempercepat proses pengembangan produk farmasi baru berbasis pala. Potensi pasar global untuk obat alami terus meningkat seiring dengan meningkatnya preferensi konsumen terhadap produk natural dengan efek samping yang minimal.

### **10.3.3 Industri Kosmetik**

Industri kosmetik dan personal care merupakan sektor yang berkembang pesat dengan pertumbuhan yang konsisten. Pala dengan berbagai aktivitas biologi yang bermanfaat seperti antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba sangat sesuai untuk aplikasi dalam produk kosmetik dan skincare. Pengembangan produk kosmetik berbasis pala termasuk serum, krim, masker, scrub, dan produk perawatan rambut membuka peluang pasar yang luas. Tren konsumen global terhadap produk kosmetik natural dan organik memberikan peluang pertumbuhan yang signifikan untuk produk kosmetik berbasis pala. Kolaborasi dengan brand kosmetik internasional yang terkenal dapat meningkatkan kredibilitas produk dan memperluas akses pasar ke tingkat global.

### **10.3.4 Ekspor**

Pasar internasional untuk pala terus berkembang dengan pertumbuhan yang stabil, didorong oleh meningkatnya permintaan di negara-negara maju dan emerging markets. Peluang ekspor pala mencakup ekspor pala segar, pala kering, minyak atsiri pala, dan

produk turunan pala bernilai tinggi. Standar kualitas internasional dan sistem sertifikasi yang ketat (seperti standar halal, organic, fair-trade) membuka peluang untuk premium pricing dan akses ke pasar yang lebih menguntungkan. Strategi ekspor yang efektif memerlukan pemahaman mendalam tentang preferensi pasar di berbagai negara, compliance terhadap regulasi ekspor, dan pengembangan brand yang kuat di pasar internasional. Keuntungan kompetitif Indonesia sebagai produsen pala berkualitas tinggi dengan sejarah panjang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pangsa pasar global.

## **10.4 Arah Strategis Masa Depan**

Arah strategis pengembangan pala untuk masa depan harus mengintegrasikan inovasi, digitalisasi, keberlanjutan, dan model bisnis baru yang inklusif.

### **10.4.1 Inovasi Produk**

Inovasi produk merupakan kunci untuk mempertahankan daya saing dan meningkatkan nilai pala di pasar global yang dinamis. Strategi inovasi produk harus mencakup pengembangan produk baru dengan aplikasi pala di sektor yang belum terjamah, peningkatan kualitas dan diversifikasi produk existing, dan pengembangan produk yang memenuhi kebutuhan pasar yang terus berubah. Riset dan pengembangan yang intensif tentang bioaktivitas pala dan cara mengoptimalkan ekstraksi serta formulasi senyawa aktif pala sangat penting. Inovasi juga harus mencakup

pengembangan produk yang ramah lingkungan, menggunakan teknologi green processing, dan menghasilkan limbah yang minimal. Kolaborasi antara petani pala, pengolah, industri, dan institusi riset dapat mempercepat inovasi produk dan membawa produk inovatif ke pasar dengan lebih cepat.

#### **10.4.2 Digitalisasi**

Digitalisasi seluruh rantai nilai pala merupakan prioritas strategis untuk meningkatkan efisiensi, transparansi, dan responsivitas terhadap dinamika pasar. Implementasi teknologi *blockchain* dan IoT dalam sistem manajemen rantai pasokan pala dapat meningkatkan traceability, memastikan keamanan pangan, dan memfasilitasi komunikasi yang lebih baik antar stakeholder (Stanescu et al., 2025). Sistem informasi terintegrasi yang menghubungkan petani, pengolah, distributor, dan konsumen dapat meningkatkan akses informasi pasar dan memfasilitasi transaksi yang lebih efisien. Platform digital untuk pemasaran produk pala, dari media sosial hingga e-commerce, membuka akses ke pasar yang lebih luas dan mengurangi ketergantungan pada intermediaries tradisional. Investasi dalam infrastruktur digital dan pengembangan SDM yang memiliki literasi digital sangat penting untuk keberhasilan digitalisasi pala (Rui & Sundram, 2024).

#### **10.4.3 Keberlanjutan**

Keberlanjutan lingkungan dan sosial harus menjadi fondasi dari strategi pengembangan pala masa depan. Strategi keberlanjutan harus mencakup praktik pertanian yang berkelanjutan, pengelolaan hutan yang bertanggung jawab, dan konservasi biodiversity.

Pengurangan penggunaan pestisida sintetis, implementasi sistem irigasi yang efisien, dan pengelolaan limbah yang ramah lingkungan sangat penting untuk memastikan keberlanjutan jangka panjang. Aspek sosial keberlanjutan mencakup perlindungan hak petani, pembagian nilai yang adil di sepanjang rantai nilai, dan kontribusi terhadap pembangunan ekonomi komunitas lokal. Sertifikasi keberlanjutan seperti organic certification, fair-trade, dan halal certification dapat meningkatkan nilai produk dan akses ke pasar premium. Program-program keberlanjutan harus melibatkan semua stakeholder dan didukung oleh kerangka regulasi yang jelas dan konsisten.

#### **10.4.4 Model Bisnis Baru**

Pengembangan model bisnis baru yang innovative dan inklusif sangat penting untuk meningkatkan nilai pala dan memastikan manfaat yang adil bagi semua pihak yang terlibat. Model bisnis yang potensial mencakup kemitraan antara petani dan industri yang menghasilkan win-win solution, cooperative model yang memberdayakan petani untuk menjadi pemilik modal, dan platform digital yang menghubungkan petani langsung dengan konsumen. Implementasi sistem blockchain dapat memfasilitasi pembagian nilai yang lebih transparan dan adil melalui penggunaan smart contracts yang mengotomatisasi proses pembayaran dan compliance (Gurusamy et al., 2025). Model bisnis yang berfokus pada ekonomi sirkular, dimana limbah produksi pala dimanfaatkan untuk menciptakan produk bernilai tambah, dapat meningkatkan profitabilitas dan keberlanjutan. Inovasi dalam model pembiayaan,

termasuk akses kepada modal yang lebih mudah dan terjangkau bagi petani dan UMKM pala, sangat penting untuk mendorong pertumbuhan sektor pala.

Strategi pengembangan pala terpadu yang komprehensif memerlukan kolaborasi yang kuat antara semua stakeholder, dari petani hingga konsumen akhir, dengan dukungan penuh dari pemerintah dan lembaga-lembaga terkait. Integrasi hulu ke hilir yang efektif, dipadukan dengan identifikasi dan pengatasan tantangan yang tepat, dapat menciptakan ekosistem pala yang sehat dan berkelanjutan. Peluang industri yang besar di berbagai sektor seperti pangan, farmasi, kosmetik, dan ekspor memberikan ruang pertumbuhan yang luas untuk pengembangan pala. Arah strategis yang berfokus pada inovasi produk, digitalisasi, keberlanjutan, dan model bisnis baru akan memposisikan pala sebagai komoditas strategis yang memberikan nilai ekonomi yang signifikan sekaligus berkontribusi terhadap pembangunan berkelanjutan. Dengan implementasi strategi yang tepat dan konsisten, pala memiliki potensi untuk menjadi penggerak ekonomi yang penting dan sumber kesejahteraan bagi masyarakat Indonesia, khususnya masyarakat di daerah penghasil pala.

## DAFTAR PUSTAKA

---

- Ali, S., Nidoni, U., & S, K. R. G. (2025). Optimizing Jasmine Flower Extraction: A Review of Modern Approaches. *Archives of Current Research International*. <https://doi.org/10.9734/acri/2025/v25i31095>
- Amin, S., et al. (2025). Diversifikasi Produk Olahan Pala sebagai Strategi Peningkatan Nilai Tambah. *Jurnal Agroindustri*, 10(1), 45–56.
- Arsyad, R., Kintoko, Widyaningsih, W., & Marpaung, T. W. A. (2025). Formulation of Emollient Preparation from Rose Essential Oil (*Rosa Damascena*) Combined with Vanilla Essential Oil (*Vanilla Planifolia*) in Increasing Body Weight in Baby Rats (*Rattus Norvegicus*). *JURNAL FARMASIMED (JFM)*. <https://doi.org/10.35451/80n03c83>
- Ashokkumar, K., Simal-Gándara, J., Murugan, M., Dhanya, M. K., & Pandian, A. (2022). Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) essential oil: A review on its composition, biological, and pharmacological activities. *Phytotherapy Research*. <https://doi.org/10.1002/ptr.7491>
- Augoye, O., Sobowale, A., & Muyiwa-Ajayi, T. P. (2024). Sustainable Process Design and Cost Optimization in Essential Oil Extraction: A Review of Industrial Approaches and Technologies. *Journal of Frontiers in Multidisciplinary Research*. <https://doi.org/10.54660/jfmr.2024.5.1.17-25>

- Bhat, S. A., Huang, N., Sofi, I. B., & Sultan, M. (2021). Agriculture-Food Supply Chain Management Based on Blockchain and IoT: A Narrative on Enterprise Blockchain Interoperability. *Agriculture*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agriculture12010040>
- Brixius, D. (2018). A hard nut to crack: nutmeg cultivation and the application of natural history between the Maluku islands and Isle de France (1750s–1780s). *The British Journal for the History of Science*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1017/s0007087418000754>
- Bunse, M., Daniels, R., Gründemann, C., Heilmann, J., Kammerer, D. R., Keusgen, M., Lindequist, U., Melzig, M. F., Morlock, G. E., Schulz, H., Schweiggert, R. M., Simon, M., Stintzing, F. C., & Wink, M. (2022). Essential Oils as Multicomponent Mixtures and Their Potential for Human Health and Well-Being. *Frontiers in Pharmacology*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fphar.2022.956541>
- Câmara, J. S., Perestrelo, R., Ferreira, R., Berenguer, C. V., Pereira, J. A. M., & Castilho, P. C. (2024). Plant-Derived Terpenoids: A Plethora of Bioactive Compounds with Several Health Functions and Industrial Applications—A Comprehensive Overview. *Molecules*.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules29163861>
- Chavez, J. V., & Vicente, M. B. (2024). Halal compliance behaviors of food and accommodation businesses in the Zamboanga

- Peninsula, Philippines. *Multidisciplinary Science Journal*.  
<https://doi.org/10.31893/multiscience.2025259>
- Das, P., Chandra, T., Negi, A., Jaiswal, S., Iquebal, M., Rai, A., & Kumar, D. (2023). A comprehensive review on genomic resources in medicinally and industrially important major spices for future breeding programs: Status, utility and challenges. *Current Research in Food Science*.  
<https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100579>
- Fibriyanti, D., Pani, R. P. V. D., & Kardiyono. (2024). Diversifikasi Produk Olahan Pala, Edisi Revisi.  
<https://epublikasi.pertanian.go.id/pertanianpress>
- Fitriani, D. S., & Rochmayant, D. (2026). Pendampingan Strategi Branding dan Digital Marketing untuk Meningkatkan Daya Jual Produk Pertanian di Desa Dander. *Nusantara Mengabdikan Kepada Negeri*.  
<https://doi.org/10.62383/numeken.v3i1.1600>
- Gemechu, L. H. (2025). Indigenous Agroforestry Practices for Climate Change Mitigation and Adaptation in Ethiopia: A Review. *Journal of Experimental Agriculture International*.  
<https://doi.org/10.9734/jeai/2025/v47i333339>
- Gurusamy, U., V., S., G, P., & A, M. (2025). Impact of Blockchain Technology In Agriculture Supply Chain a Comprehensive Review of Applications, Challenges, and Future Directions. *Journal of Sustainable Competitive Intelligence*.  
<https://doi.org/10.37497/eaglesustainable.v15i.519>

- Guzmán, E., & Lucía, A. (2021). Essential Oils and Their Individual Components in Cosmetic Products. *Cosmetics*. <https://doi.org/10.3390/cosmetics8040114>
- Hadi, S. (2020). Pengolahan sirup pala: Proses, karakteristik, dan manfaat kesehatan. *Jurnal Teknologi Pangan*, 14(2), 104-111.
- Haholongan, R. F., Desmayanti, D., Hidayah, A. N., Saifana, H. W., Salsabilla, S. N., Syafe'i, F., Putri, S. A., Anindya, G. D., & Lesmana, D. (2023).
- Hariyanto, A., dkk. (2024). Formulasi Roll-On Aromaterapi Minyak Atsiri Pala. *Jurnal Farmasi Tradisional*, 9(2), 85–93.
- Haryadi, S. (2021). Teknik budidaya pohon pala untuk hasil optimal. *Jurnal Hortikultura Tropis*, 12(1), 32-40.
- Hossain, M. S., Ashraf, S. K., Rahman, Md. H., Ripta, S. K., Singh, S., Bepa, J. I., Rahman, G. M. M., & Islam, K. K. (2025). Assessing Carbon Sequestration and Ecosystem Services of Agroforestry Practices in Madhupur Garh of Bangladesh for Climate Change Mitigation. *Journal of Agroforestry and Environment*. <https://doi.org/10.55706/jae1808>
- Iskandar, D. (2020). Manisan pala: Proses pembuatan dan manfaatnya dalam kesehatan. *Jurnal Kesehatan Tradisional*, 7(1), 33-39.
- Jacob, S., Rao, R., Gorain, B., Boddu, S. H. S., & Nair, A. B. (2025). Solid Lipid Nanoparticles and Nanostructured Lipid Carriers for Anticancer Phytochemical Delivery: Advances, Challenges, and Future Prospects. *Pharmaceutics*.

<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17081079>

- Kaur, V., Kaushal, S., Panwar, H., & Heena. (2026). Comparative Analysis of Essential Oils and Oleoresins From Seed and Aril of *Myristica fragrans* Houtt.: Chemical Composition, Antioxidant, Anti-Inflammatory, and Cytotoxic Activities. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. <https://doi.org/10.1002/nzc2.70139>
- Khan, R., & Khan, M. D. (2024). CARBON SEQUESTRATION POTENTIAL OF AGROFORESTRY INTERVENTIONS IN RICE-WHEAT CROPPING SYSTEMS. *Eco AgriTech Frontiers*. <https://doi.org/10.64038/eatf.02.2024.9>
- Khezerlou, A., Mohammadi, K., Abedini, A., Sani, M., Sani, M. A., & McClements, D. (2025). Phytochemicals and bioactive functional ingredients from *rosa damascena*: from extraction to application in the food and healthcare sectors. *Food Chemistry: X*. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.103202>
- Li, X., Zhu, H., Wang, Y., Zhang, X., Yang, Z., Yan, X., & Yu, Q. (2025). Silymarin and Silybin: Rejuvenating Traditional Remedies with Modern Delivery Strategies. *Pharmaceutics*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17121628>
- Liu, H., Zhan, R., Wen, L.-X., & Zhong, Z. (2021). The extraction of natural essential oils and terpenoids from plants by supercritical fluid. *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/E3SCONF/202127104018>

- Mandal, D., Sarkar, T., & Chakraborty, R. (2022). Critical Review on Nutritional, Bioactive, and Medicinal Potential of Spices and Herbs and Their Application in Food Fortification and Nanotechnology. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12010-022-04132-y>
- Matulytė, I., Marksa, M., Ivanauskas, L., Kalvėnienė, Z., Lažauskas, R., & Bernatoniene, J. (2019). GC-MS Analysis of the Composition of the Extracts and Essential Oil from *Myristica fragrans* Seeds Using Magnesium Aluminometasilicate as Excipient. *Molecules*. <https://doi.org/10.3390/molecules24061062>
- Medalla, J. B., Orlanes, G., Ampoloquio, E., & Tagas, P. D. (2026). A Comprehensive Economic Analysis of the Coffee Value Chain in Region X: Advancing Sustainability and Empowering Local Communities. <https://doi.org/10.62986/dp2026.02>
- Miastkowska, M., Lason, E., Sikora, E., & Wolińska-Kennard, K. (2018). Preparation and Characterization of Water-Based Nano-Perfumes. *Nanomaterials*. <https://doi.org/10.3390/nano8120981>
- Othman, M., & Taha, H. (2020). Essential oils from *Myristica fragrans* leaves: Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities. *Journal of Essential Oil Research*, 32(5), 374-382.
- Pakpahan, A., Bermawie, N., & Wiratno. (2020). Indonesian's nutmeg for the world, synergizing consumers need while

- increasing farmer's welfare. IOP Conference Series: Earth and Environment. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/418/1/012007>
- Pala, R. M., Permai, U., Dianti, U., Saudara, U. T., Saudara, U. D., Mestika, U., Yolanda, U., Daffa, U., Melda, U., & Lisna, U. (2023). Dried nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt) derivatives products processing in Tapaktuan District, South Aceh Regency. IOP Conference Series: Earth and Environment. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1183/1/012083>
- R, P., M, V. G., Srilatha, P., & Pandey, H. (2025). Nanoemulsions as Carriers of Bioactive Compounds in Functional Foods: Preparation and Application. *European Journal of Nutrition & Food Safety*. <https://doi.org/10.9734/ejnfs/2025/v17i11621>
- Roisah, Kholis, Rahayu, R., & Rachmanda, D. (2023). The Working Patent and Pharmaceutical Industry Development in Indonesia. *Review of Economics and Finance*. <https://doi.org/https://doi.org/10.55365/1923.x2023.21.29>
- Rui, F., & Sundram, V. P. K. (2024). Technological Innovation for Sustainable Supply Chain Management in the Food Industry. *Information Management and Business Review*. [https://doi.org/10.22610/imbr.v16i3s\(i\)a.4173](https://doi.org/10.22610/imbr.v16i3s(i)a.4173)
- Samantha, R. m., Nurhayati, & Syartinilia. (2020). Preservation of Nutmeg Tree (*Myristica fragrans* Houtt) used as Bogor's Local Culinary Ingredient for the Strengtheness of Urban Landscape Identity. IOP Conference Series: Earth and

Environment.

[https://doi.org/10.1088/1755-](https://doi.org/10.1088/1755-1315/556/1/012013)

[1315/556/1/012013](https://doi.org/10.1088/1755-1315/556/1/012013)

Sari, R. (2021). Eugenol dalam pala: Sifat antispasmodik dan manfaat kesehatan lainnya. *Jurnal Ilmu Kesehatan*, 25(3), 45-50.

Satish, P., Madiwalar, A. F., Lallawmkimi, M. C., Reddy, K., Parveen, S., P, A., Laxman, T., Kiruba, M., & Anand, G. (2024). Agroforestry: Multifunctional Benefits and Implementation Strategies. *Journal of Geography Environment and Earth Science International*. <https://doi.org/10.9734/jgeesi/2024/v28i10821>

Shahidi, F., & Hossain, A. (2018). Bioactives in spices, and spice oleoresins: Phytochemicals and their beneficial effects in food preservation and health promotion. *Journal of Food Bioactives*.

<https://doi.org/https://doi.org/10.31665/jfb.2018.3149>

Sharma, P., Shah, D., Negi, A., Singh, J., Ks, A., Chauhan, S., & Mubeen. (2025). Agroforestry Systems for Enhancing Biodiversity and Soil Conservation in Agricultural Landscapes. *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. <https://doi.org/10.9734/ajsspn/2025/v11i1499>

Silfiani, M., Fitria, I., Irawan, H., Padli, R., Sari, D. L., Annisa, N., Raaph, N. A., Zahra, K. S., Darwis, M., Lastiur, S. K., & Patricia, M. (2026). Empowering Local MSMEs through Branding, Product Design, and Digital Marketing: A Community Engagement Program at Pringgondani Market,

- Balikpapan. Jurnal Pengabdian UNDIKMA.  
<https://doi.org/10.33394/jpu.v7i1.18166>
- Stott, D. A. (2017). Integration and Conflict in Indonesia's Spice Islands. Asia-Pacific Journal.  
<https://doi.org/10.1017/s1557466017013602>
- Suhenro, S., Auliah, N., Yustisi, A. J., Wahyuni, W., Junita, N., & Pratiwi, R. (2026). Myristica fragrans Aromatherapy Oil: Formulation, Freeze-Thaw Stability, and Antistress Activity. Journal Syifa Sciences and Clinical Research.  
<https://doi.org/10.37311/jsscr.v8i1.36162>
- Suparmi, S., Yuliyanti, S., Karyadini, H. W., Syamsudin, A. M. r., & Gau, E. K. (2023). Toxicity of sibutramine hydrochloride-adulterated weight loss supplements in rats based on biochemical and organ weight parameters. Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.56499/jppres23.1852\\_12.2.363](https://doi.org/https://doi.org/10.56499/jppres23.1852_12.2.363)
- Sutrisno, T. (2020). Panduan lengkap pemeliharaan pohon pala untuk pemula. Jurnal Agronomi, 8(3), 122-130.
- Warsito, M. F. (2021). A Review on Chemical Composition, Bioactivity, and Toxicity of Myristica fragrans Houtt. Essential Oil. Indonesian Journal of Pharmaceutics.  
<https://doi.org/10.22146/ijp.1271>
- Wulandari, D., & Darlis, D. (2021). Chemical characteristics of essential oil from Myristica fragrans leaves and its potential

use in cosmetic formulation. *Indonesian Journal of Natural Products*, 18(2), 50-56.

Zhang, X., Lin, X., & Xu, B. (2025). A comprehensive review on effects of non-conventional plant food processing technologies on selected bioactive compounds: The current trends and future challenges. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.147283>

## PROFIL PENULIS

---



**Dini Puspodewi, S.Tr.A.K., M.Imun.** lahir di Semarang pada 7 Oktober 1993. Penulis menempuh pendidikan Diploma IV Analis Kesehatan di Universitas Muhammadiyah Semarang (UNIMUS), kemudian melanjutkan pendidikan Magister Imunologi di Universitas Airlangga (UNAIR).

Saat ini, penulis bekerja sebagai dosen pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis (TLM) Universitas Al-Irsyad Cilacap. Melalui karya ini, penulis ingin menyampaikan bahwa pikiran yang terbuka lahir dari kebiasaan membaca. Harapannya, buku ini dapat menjadi salah satu sumber bacaan yang bermanfaat, menambah wawasan, serta mendorong pembaca untuk terus belajar dan mengembangkan diri.



**Dede Yusuf, M.Kom.** lahir di Cilacap pada 14 April 1992. Penulis menempuh pendidikan S2 Magister Komputer. Selain berprofesi sebagai dosen, penulis juga memiliki pengalaman sebagai pelaku usaha UMKM.

Melalui karya ini, penulis ingin menyampaikan bahwa di era digital yang serba cepat, kemampuan untuk terus belajar dan beradaptasi merupakan kunci utama dalam menghadapi perubahan. Penulis berharap buku ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta mendorong pembaca untuk terus berkembang dan siap menghadapi tantangan zaman.



**Dr. apt. Yuhansyah Nurfauzi, M.Si.**

lahir di Cilacap pada 23 Oktober 1984.

Penulis menempuh pendidikan S3 Ilmu Farmasi. Penulis memiliki pengalaman sebagai praktisi farmasi dan peneliti.

Saat ini, penulis bekerja sebagai dosen.

Melalui karya ini, penulis ingin menyampaikan bahwa dunia kesehatan dan farmasi terus berevolusi demi meningkatkan kualitas hidup manusia. Penulis berharap buku ini dapat menjadi sumber pengetahuan yang bermanfaat, menambah wawasan, serta menginspirasi pembaca untuk terus mengikuti perkembangan ilmu kesehatan dan farmasi.



**Prof. Dr. Hermin Pancasakti Kusumaningrum, S.Si., M.Si.** lahir di Semarang pada 8 Februari 1970. Penulis merupakan Guru Besar Bioteknologi dan memiliki pengalaman akademik sebagai Profesor Bioteknologi.

Saat ini, penulis bekerja sebagai dosen. Melalui karya ini, penulis ingin

menyampaikan bahwa ilmu pengetahuan bukanlah tujuan akhir, melainkan jembatan untuk memahami kompleksitas kehidupan. Penulis berharap buku ini dapat menjadi sumber pengetahuan yang bermanfaat, memperluas wawasan, serta menginspirasi pembaca untuk terus belajar, meneliti, dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan.



**Prof. Dr. Ir. Muhammad Zainuri, DEA., ID.** lahir di Semarang pada 13 Juli 1962.

Penulis merupakan Guru Besar Oseanografi dan memiliki pengalaman akademik sebagai Profesor Oseanografi.

Saat ini, penulis bekerja sebagai dosen.

Melalui karya ini, penulis ingin menyampaikan bahwa pendidikan adalah

perjalanan spiritual dan intelektual yang tak bertepi. Penulis berharap buku ini dapat menjadi sumber ilmu yang bermanfaat, memperluas wawasan, serta menginspirasi pembaca untuk terus belajar, berpikir kritis, dan berkontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan.



**Dr. Drs. Hersugondo, M.M.** lahir di Tegal pada 27 Maret 1965. Penulis menempuh pendidikan S3 dengan bidang keilmuan Manajemen. Penulis memiliki pengalaman dalam bidang manajemen keuangan, analisis kredit, pasar keuangan, dan statistika bisnis. Saat ini, penulis bekerja sebagai dosen.

Melalui karya ini, penulis ingin menyampaikan bahwa setiap langkah menuju perubahan dimulai dari pemahaman yang mendalam. Penulis berharap buku ini dapat menjadi sumber pengetahuan yang bermanfaat, memperluas wawasan, serta mendorong pembaca untuk terus belajar dan memahami perubahan secara lebih kritis.



**Yusuf Eko Nugroho, S.Tr.A.K., M.Imun.**

lahir di Rembang pada 4 Mei 1993. Penulis menempuh pendidikan Diploma IV Analis Kesehatan di Universitas Muhammadiyah Semarang (UNIMUS), kemudian melanjutkan pendidikan Magister Imunologi di Universitas Airlangga (UNAIR).

Saat ini, penulis bekerja sebagai dosen pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis (TLM) Universitas Al-Irsyad Cilacap. Melalui karya ini, penulis ingin menyampaikan bahwa buku adalah jendela dunia. Penulis berharap buku ini dapat menjadi sumber pengetahuan yang bermanfaat, membuka wawasan, serta mendorong pembaca untuk terus membaca, belajar, dan mengembangkan diri.



**Fahri Ramadhan, S.Tr.Kes.** lahir di Jakarta pada 21 November 2002. Penulis menempuh pendidikan Diploma IV Teknologi Laboratorium Medis. Penulis memiliki pengalaman sebagai Staf Laboratorium Universitas Al-Irsyad Cilacap sejak tahun 2025 hingga sekarang.

Saat ini, penulis bekerja sebagai Staf Laboratorium Teknologi Laboratorium Medis (TLM) Universitas Al-Irsyad Cilacap. Melalui karya ini, penulis ingin menyampaikan pesan “Nrimo ing pangdum”, yaitu sikap menerima ketentuan hidup dengan lapang hati, tetap bersyukur, dan terus berusaha memberikan yang terbaik. Penulis berharap buku ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi inspirasi bagi pembaca.



**Reni Wulandari lahir** di Cilacap pada 21 Maret 2005. Saat ini, penulis berstatus sebagai mahasiswa. Penulis memiliki ketertarikan terhadap pemanfaatan tanaman herbal, khususnya pala sebagai salah satu kekayaan alam Indonesia yang memiliki banyak manfaat.

Melalui karya ini, penulis ingin menyampaikan bahwa pala bukan sekadar rempah, melainkan kekayaan alam yang bernilai dan dapat dimanfaatkan secara bijak. Penulis berharap buku ini dapat menambah wawasan pembaca, menumbuhkan kecintaan terhadap tanaman herbal, serta menginspirasi masyarakat untuk lebih mengenal dan memanfaatkan potensi alam Indonesia. Selamat membaca.



**Jamilah Tri Wulansari** lahir di Cilacap pada 18 Februari 2005. Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri Hanum 02, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Dayeuhluhur dan MAN 3 Ciamis. Saat ini, penulis sedang menempuh pendidikan S1 Farmasi di Universitas Al-Irsyad Cilacap.

Penulis berstatus sebagai mahasiswa dan memiliki ketertarikan terhadap pemanfaatan tanaman herbal, khususnya pala sebagai salah satu rempah yang memiliki potensi besar. Melalui karya ini, penulis ingin menyampaikan bahwa di balik kesederhanaan pala, tersimpan potensi yang tidak pernah sederhana. Buku ini bukan sekadar bacaan, melainkan sebuah undangan untuk melihat, mengolah, dan menciptakan nilai dari sesuatu yang sering terabaikan. Penulis berharap, apabila satu ide saja tumbuh dari halaman-halaman buku ini, maka buku ini telah menemukan tujuannya. Selamat membaca.



**Egy Nurfina** lahir di Cilacap pada 27 April 2006. Penulis menempuh pendidikan di SMA Negeri 03 Cilacap. Saat ini, penulis berstatus sebagai mahasiswa.

Melalui karya ini, penulis berharap buku ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca. Semoga buku ini juga dapat menjadi bacaan yang berguna serta mendorong pembaca untuk terus belajar dan mengembangkan pengetahuan. Selamat membaca.



**Muhammad Khoirulhuda** lahir di Cilacap pada 22 Desember 2006. Penulis pernah menempuh pendidikan di SMA Negeri 1 Sampang. Saat ini, penulis berstatus sebagai mahasiswa.

Melalui karya ini, penulis berharap buku ini dapat memberikan motivasi dan inspirasi bagi para pembaca. Semoga buku ini menjadi bacaan yang bermanfaat, menambah wawasan, serta mendorong pembaca untuk terus belajar dan mengembangkan diri.



**Retno Fadilah** lahir di Cilacap pada 5 November 2004. Penulis menempuh pendidikan hingga jenjang SMA.

Melalui karya ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada pembaca yang telah membaca buku Inovasi dan Pemanfaatan Pala Terpadu. Penulis berharap buku ini

dapat memberikan pengetahuan mengenai potensi pala sebagai komoditas bernilai tinggi, serta menginspirasi pembaca untuk berinovasi dalam pengolahan dan pemasaran produk turunannya. Semoga karya ini juga dapat memberikan kontribusi bagi kemajuan ekonomi berkelanjutan di Indonesia.

**Buku referensi berjudul Inovasi dan Pemanfaatan Pala Terpadu** membahas tentang potensi pala sebagai salah satu rempah bernilai tinggi yang memiliki banyak manfaat bagi kehidupan masyarakat. Pala tidak hanya dikenal sebagai bumbu dapur, tetapi juga dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti pangan, kesehatan, minuman herbal, produk olahan, hingga peluang usaha berbasis komoditas lokal.

Melalui bahasa yang sederhana dan mudah dipahami, buku ini mengajak pembaca untuk mengenal pala secara lebih luas, mulai dari karakteristik tanaman, bagian-bagian yang dapat dimanfaatkan, kandungan yang terdapat di dalamnya, hingga berbagai bentuk inovasi pengolahan. Pembahasan juga diarahkan pada pentingnya pemanfaatan pala secara terpadu agar nilai ekonominya semakin meningkat dan dapat memberikan manfaat bagi masyarakat.

Buku ini ditujukan bagi masyarakat umum, pelajar, mahasiswa, pelaku UMKM, petani, pemerhati tanaman herbal, serta siapa saja yang ingin memahami peluang pemanfaatan pala. Diharapkan buku ini dapat menjadi sumber informasi yang bermanfaat, menambah wawasan, serta menginspirasi pembaca untuk mengembangkan inovasi berbasis pala secara bijak, kreatif, dan berkelanjutan.